84- 3573 /

Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en voie de développement; il concentre son activité dans cinq secteurs: agriculture, alimentation et nutrition; information; santé; sciences sociales; et communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Proche-Orient.

© Centre de recherches pour le développement international, 1984
Adresse postale: B.P. 8500, Ottawa, Canada K1G 3H9
Siège: 60, rue Queen, Ottawa

Sharp, D.
Graham, M.

IDRC-204f

Pompes à main communautaires : recherche et évaluation en Asie. Ottawa, Ont., CRDI, 1984. 80 p. : ill.

/Pompes/, /outils à main/, /technologie appropriée/, /rural/, /alimentation en eau/, /pays en développement/ — /évaluation de projet/, /aspects techniques/, /marché/, /aspects économiques/, /études de cas/, données statistiques.

CDU: 621.651(1-22)

ISBN: 0-88936-397-8

Édition microfiche sur demande

This publication is also available in English.
La edición española de esta publicación también se encuentra disponible.

Pompes à main communautaires

Recherche et évaluation en Asie

Rédacteurs : Donald Sharp et Michael Graham

Abstract

For the past 6 years, IDRC has supported research in the development of more effective pumping systems for rural water supplies. The implications of new materials and pump designs have been examined and particular attention focused on the use of plastic materials. In collaboration with the University of Waterloo, a simple, low-cost piston and foot-valve assembly was developed to serve as the basis of a manual shallow-well pump that could be fabricated in developing countries using locally available resources. After laboratory testing, the pump was tested under various environmental conditions in four Asian and two African countries to determine the cost of manufacture, reliability and durability, maintenance capability at the village level, and technical performance. This publication includes a review of the research results presented at a workshop held at the University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia from 16 to 19 August 1982 at the termination of the Asian projects. Also included are overall technical and economic evaluations of the four projects and an assessment of future research needs and priorities. Future work will probably investigate the potential for large-scale production and address the problems involved in implementation.

Resumen

En los últimos seis años el CIID ha apoyado investigaciones tendientes a desarrollar sistemas más efectivos de bombeo de agua para el área rural. Se han estudiado las implicaciones de los nuevos materiales y diseños de bombas, en especial el uso de materiales plásticos. En colaboración con la Universidad de Waterloo, se desarrolló un conjunto económico de pistón y válvula-pedal como base para una bomba manual de pozos pandos que pudiera ser fabricada en los países en desarrollo con recursos locales. Después de ser ensayada en laboratorio, la bomba fue sometida a prueba bajo diferentes condiciones ambientales en cuatro países de Asia y dos de Africa con el objeto de determinar costos de fabricación, confiabilidad y durabilidad, capacidad de mantenimiento a nivel rural y desempeño técnico. Este libro ofrece una reseña de los resultados de las investigaciones presentados durante un seminario realizado en la Universidad de Malaya, Kuala Lumpur, Malasia, del 16 al 19 de agosto de 1982 a la culminación de los proyectos asiáticos. Se incluyen además las evaluaciones técnicas y económicas generales de los cuatro proyectos, así como una estimación de las futuras necesidades y prioridades de la investigación, entre las cuales se contarán probablemente el potencial de producción a gran escala y los problemas involucrados en la implantación del sistema.

Table des matières

Avant-propos 5

Remerciements 6

Introduction 7

Sri Lanka Pathirana Dharmadasa, Upali Wickramasinghe et Douglas Chandrasiri 11

Thaïlande Pichai Nimityongskul et Pisidhi Karasudhi 23

Philippines Antonio Bravo 36

Malaisie Goh Sing Yau 43

Aperçu du rendement technique Goh Sing Yau 59

Analyse économique et débouchés éventuels Tan Bock Thiam 63

Conclusions 75

Participants 79

Not all the health assistants in the world can get rid of dysentry and cholera if water supplies are contaminated.

« Les efforts de tous les auxiliaires de santé de la terre ne parviendront pas à faire disparaître la dysenterie et le choléra tant que l'eau sera contaminée. »

Barbara Ward, 1976. The Home of Man, W.W. Norton & Company Inc., New York, NY, USA, page 229.

Avant-propos

De nombreux facteurs ont une incidence sur les efforts fournis pour assurer une eau potable à tous au cours de cette Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement. Un des facteurs clés demeure toutefois la mise au point et l'utilisation d'une pompe à main fiable qui pourrait être fabriquée, installée et entretenue sur place, à un coût raisonnable.

Le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) a investi près de 730 000 $CAN dans un réseau de projets d'adduction d'eau en Asie et en Afrique au cours des six dernières années afin d'aider à mettre au point des pompes plus efficaces pour l'approvisionnement en eau dans les régions rurales. Le présent ouvrage passe en revue les résultats de la section asiatique du réseau et établit les priorités quant aux recherches futures, en particulier la nécessité d'étudier la possibilité de lancer une production à grande échelle de la pompe en chlorure de polyvinyle (PVC) qui a été mise au point ainsi que les facteurs sociaux et d'hygiène qu'il est essentiel d'intégrer à tout programme de mise en oeuvre.

Il faut souligner que la technologie mise au point et vérifiée au cours des projets de recherche parrainés par le CRDI s'applique à des milieux ruraux partout dans le monde, et non seulement aux quelques pays d'Asie où les essais sur le terrain ont été réalisés. La mise au point d'une pompe à main constituée d'éléments en PVC peu coûteux qui peut être fabriquée sur place et qui est assez simple pour être entretenue par les villageois constitue un pas de géant dans la lutte menée pour assurer aux populations rurales un approvisionnement suffisant en eau pure.

Cette technologie a été mise à l'essai et a fait ses preuves. Reste maintenant à trouver le moyen d'inciter ceux qui en ont le plus besoin à l'utiliser et à la conserver en bon état. Nous espérons que le présent ouvrage favorisera la mise en application de cette technologie et encouragera de nouvelles initiatives de recherche dans tous les pays où l'approvisionnement en eau potable constitue encore un problème d'envergure.

Les documents que contient la présente publication sont des résumés des rapports sur les projets réalisés dans chaque pays. On pourra obtenir de plus amples renseignements en communiquant avec la Division des sciences de la santé du CRDI pour se procurer des exemplaires sur microfiches des rapports complets.

Elizabeth Charlebois, *Directrice*
Division des sciences de la santé
Centre de recherches pour le développement international

Remerciements

Au cours des six dernières années, de nombreux chercheurs, ingénieurs, techniciens, conseillers, employés de soutien et autres ont collaboré avec le CRDI à l'élaboration du concept de la pompe à main dont le fonctionnement et l'entretien relèveraient des villageois. S'il serait fastidieux d'essayer de remercier personnellement tous ceux qui ont participé au projet, il importe toutefois de souligner que c'est aux efforts soutenus de ces personnes que nous devons la publication du présent ouvrage.

Nous tenons aussi à remercier l'Université de Malaya où s'est tenu le séminaire de fin de projet et M. Goh Sing Yau, coordonnateur local ainsi que ses confrères, MM. Tee Tiam Ting, Tan Bock Thiam, Chong Kah Lin et Teo Beng Hoe qui, par leur travail acharné, ont assuré la réussite de cette rencontre. Soulignons également le travail de M. Lee Kam Wing qui a servi de coordonnateur pour le CRDI et de M. Ai Ling Goh, de la Division des sciences de la santé du CRDI, à Singapour.

Nous tenons aussi à signaler le travail de M. Tim Journey qui a exécuté les premiers travaux de conception des pompes à main faisant appel à des éléments en matières plastiques, projet qui était parrainé par la Banque mondiale ; M. Journey entra par la suite au service du CRDI où il poursuivit son travail.

Dans le présent document, la pompe est souvent désignée comme étant de modèle CRDI/Waterloo, même s'il ne s'agit en réalité que d'une version améliorée d'une pompe en bois qui était utilisée en Europe il y a près de six siècles. Les éléments de ce modèle sont parfaitement illustrés sur une planche datant du XVI[e] siècle qui figure dans un livre sur les mines qui a été traduit par Herbert Clark Hoover et Lou Henry Hoover, en 1950.

Il est intéressant de constater que les hommes de sciences réinventent sans cesse la roue, ou même la pompe dans le cas présent.

Introduction

Il est difficile de prouver avec des documents, les avantages d'un approvisionnement en eau amélioré pour la santé. Par contre, tout le monde comprend l'importance d'un bon approvisionnement en eau potable. Un approvisionnement accru d'eau potable doit néanmoins s'accompagner d'une certaine modification du comportement à l'égard de l'hygiène personnelle et publique avant qu'une diminution marquée des maladies entériques puisse survenir. L'évolution nécessaire est un processus complexe et ne se produira probablement pas de façon spontanée. Il faut d'abord informer la population cible à l'aide de données faciles à comprendre sur les avantages du changement et la convaincre d'adopter de nouveaux modèles de comportement et d'accepter de nouvelles technologies. Il apparaît de plus que l'acceptation, par les utilisateurs de la technologie relative à l'eau et à l'hygiène repose sur le choix d'équipements capables de résister à une utilisation intense pendant de longues périodes et que les collectivités peuvent acheter et entretenir par leurs propres moyens.

Le choix, la mise au point et l'utilisation de pompes à main fiables qui peuvent être fabriquées sur place et installées et entretenues à un coût raisonnable constituent une étape importante du processus visant à fournir aux collectivités rurales un approvisionnement sûr en eau potable. Compte tenu de nombreux facteurs d'ordre technique et économique, comme la complexité des pompes à moteur et le coût élevé du carburant, les pompes manuelles vont continuer d'être utilisées dans la plupart des parties du monde, non seulement aux fins d'approvisionnement en eau potable, mais aussi pour fournir l'eau nécessaire aux besoins domestiques, au bétail et à l'irrigation.

Au cours de la dernière décennie, des cadres des régies des eaux nationales des pays en développement, ainsi que des membres d'organismes internationaux et bilatéraux, ont remarqué que l'un des problèmes les plus cruciaux des programmes d'approvisionnement en eau dans les régions rurales était le taux élevé de bris des pompes à main classiques. Ces bris sont surtout dus au fait que ces pompes n'ont pas été conçues pour le niveau de fatigue et d'utilisation que leur imposent des groupes considérables d'utilisateurs au sein des collectivités rurales. Qui plus est, non seulement les matériaux qui entrent dans leur fabrication, surtout de la fonte et de l'acier, sont-ils coûteux, mais ils ne sont pas disponibles sur place. C'est pourquoi bon nombre de pays en voie de développement ont eu recours aux pompes et aux pièces importées fournies par des pays donateurs internationaux et bilatéraux. Cette dépendance de l'étranger a des répercussions en termes de coûts, de besoins d'entretien et de difficultés d'obtention de pièces de rechange.

Depuis six ans, le Centre de recherches pour le développement international subventionne des recherches sur la mise au point de pompes plus efficaces pour l'approvisionnement en eau potable des régions rurales. Ces recherches ont porté plus particulièrement sur l'étude des avantages que présentent de nouveaux matériaux et modèles de pompe. Compte tenu de l'utilisation grandissante des matières plastiques dans les pays en voie de développement depuis une dizaine d'années, on a accordé une attention particulière aux polymères, et en particulier à la tuyauterie en chlorure de polyvinyle (PVC), largement disponibles en Afrique et en Asie. Pour les pays en voie de développement, les matières plastiques représentent, à plusieurs égards, ce que la fonte a été pour les pays industrialisés il y a de nombreuses années et on est loin d'en avoir exploité toutes les possibilités.

Le travail de conception subventionné par le CRDI portait sur la mise au point d'un assemblage de piston et de clapet de pied pour une pompe à main utilisée avec un puits de surface. Cette étape de la recherche, réalisée en collaboration avec l'Université de Waterloo, a pris fin en mai 1977. L'assemblage de piston et de clapet de pied mis au point par l'Université de Waterloo a été essayé par la Consumer's Association Testing Facility, en Angleterre. Ce programme d'essais a été mis sur pied par le Overseas Development Ministry du Royaume-Uni afin d'analyser les caractéristiques de dix pompes à main fabriquées commercialement dans des pays industrialisés. Ce projet a confirmé la fiabilité et l'efficacité de la pompe de Waterloo par rapport aux modèles existants. La pompe Waterloo diffère des autres en ce qu'elle a

La pompe à main de modèle Waterloo procure de l'eau pure à des familles rurales en Malaisie.

été conçue particulièrement pour être fabriquée dans les pays en développement, à l'aide de ressources disponibles sur place.

En 1978, après les essais en laboratoire, des projets de recherche ont été mis sur pied dans deux pays d'Afrique et dans quatre pays d'Asie pour soumettre la pompe à des essais sur le terrain dans diverses conditions environnementales et d'avancement technique, auprès de groupes d'utilisateurs différents. Les pays qui ont participé à ces essais sont la Malaisie, les Philippines, Sri Lanka et la Thaïlande, en Asie, et l'Éthiopie et le Malawi, en Afrique.

Ces études visaient avant tout à évaluer le modèle de pompe Waterloo dans diverses conditions réelles d'emploi, en fonction des caractéristiques suivantes : capacité de fabrication sur place, coût de fabrication, fiabilité et durabilité, capacité d'entretien par les villageois et rendement technique. Le modèle de base de piston et de clapet de pied produit par l'Université de Waterloo a été utilisé pour tous les projets, avec quelques modifications locales. Les éléments au-dessus du niveau du sol ont été conçus sur place et fabriqués dans chaque pays.

Aux Philippines, l'Institut pour les petites entreprises de l'Université des Philippines a réalisé la recherche en collaboration avec l'Institut national des sciences et de la technologie, le Département du gouvernement local et du développement communautaire, le Département de la santé et l'Organisme des services publics et des travaux d'adduction et de distribution d'eau. En Thaïlande, l'Institut asiatique de technologie a mené les recherches en collaboration avec le ministère de la Santé, le ministère des Travaux publics, l'Office de développement accéléré et le Conseil du développement économique et national. En Malaisie, la Faculté de génie de l'Université de Malaya a mené les recherches en collaboration avec la Division du génie de l'environnement du ministère de la Santé. À Sri Lanka, le Mouvement Lanka Jathika Sarvodaya Shramadana Sangamaya (Mouvement Sarvodaya) qui s'occupe de travail de développement communautaire populaire a réalisé les recherches.

Ces recherches comportaient une analyse économique de coût et d'efficacité par rapport aux autres pompes à main en service dans la région. Elles comprenaient aussi l'évaluation de la possibilité de mettre au point un réseau d'approvisionnement en eau dans les régions rurales, la détermination du pourcentage prévu de ménages ruraux susceptibles d'être approvisionnés en eau courante et l'évaluation des débouchés futurs pour les pompes à main dans la région.

En août 1980, à mi-réalisation des travaux, une réunion a eu lieu à l'Université de Malaya, à Kuala Lumpur pour examiner le déroulement des quatre projets en cours en Asie et mettre au point des techniques de contrôle et de mesure communes. Une méthode unique servant à déterminer avec précision le degré d'utilisation des pompes à l'aide d'un compteur mécanique mis au point par l'Université de Malaya a également été ajouté au programme d'essais sur le terrain. Ce dispositif a permis d'établir un rapport entre les mesures du degré d'usure et la course du piston ou le degré d'utilisation de la pompe.

Les travaux exécutés dans le cadre des quatre projets réalisés en Asie sont maintenant terminés et les résultats sont encourageants. Le CRDI, en collaboration avec la Faculté de génie de l'Université de Malaya, a donc parrainé deux colloques qui ont eu lieu du 16 au 19 août 1982, à Kuala Lumpur.

Au cours des deux premiers jours, les chefs de projet des quatre pays asiatiques ont analysé et discuté des résultats obtenus et ont évalué l'ensemble des répercussions d'ordre technique et économique de leurs conclusions. Au cours des deux dernières journées, un séminaire d'information a eu lieu à l'intention des organismes gouvernementaux, des organismes intéressés de la région et des observateurs de divers organismes internationaux et entreprises privées. On a examiné la situation quant à la technologie des pompes à main dans la région et établi de nouvelles priorités en matière de recherche.

Au cours des essais sur le terrain, la pompe en PVC a démontré des possibilités considérables du point de vue de son utilisation dans les villages. On peut la fabriquer sur place à un coût raisonnable et la réparer facilement à l'aide de pièces

également fabriquées sur place. On ne doit cependant pas perdre de vue qu'à l'instar de tout appareil technique, elle a ses limites. Si c'est une sorte de pompe « magique » n'exigeant aucun entretien que l'on recherche, cette pompe n'est pas la solution. Les résultats des essais sur le terrain révèlent que, bien que durable, cette pompe comporte des limites qu'il faut comprendre et respecter sans quoi des pannes sont susceptibles de se produire. Un mauvais aménagement du puits peut aussi entraîner un bris de la pompe. Mais les résultats de la recherche révèlent avant tout clairement que l'on peut utiliser des matières plastiques peu coûteuses, ce qui permet de fabriquer les pompes et les pièces de rechange sur place et de choisir des modèles simples à comprendre, faciles à entretenir et d'un coût abordable.

Le présent ouvrage traite surtout de la technologie des pompes à main, mais il ne faut pas oublier qu'une pompe représente plus qu'un moyen de tirer l'eau d'un puits. La pompe constitue un élément essentiel des efforts d'amélioration de l'hygiène publique parce que le seul moyen sécuritaire d'offrir une protection hygiénique suffisante contre la contamination de surface consiste à sceller le puits et à installer une pompe. Si l'on ne prend pas cette mesure et d'autres mesures hygiéniques en vue de protéger les puits, les maladies transmises par l'eau continueront de faire des victimes.

Dans les années à venir, les restrictions financières auront des répercussions désastreuses sur l'approvisionnement en eau des régions rurales. Pour régler ce problème, les gouvernements et les organismes responsables de la régie des eaux doivent concentrer leurs ressources sur la mise au point d'appareils économiques, qui soient faciles à comprendre, à faire fonctionner et à entretenir. Nous espérons, par la publication de cet ouvrage, susciter la mise en oeuvre de la technologie voulue et favoriser de nouveaux projets de recherche.

Sri Lanka

Pathirana Dharmadasa, Upali Wickramasinghe et Douglas Chandrasiri

À Sri Lanka, la majorité des habitants des régions rurales puisent l'eau destinée à leurs besoins quotidiens dans les rivières, les canaux, les lacs, les réservoirs d'irrigation et les puits à ciel ouvert. L'eau qu'ils tirent de ces sources est souvent impropre à la consommation et à la plupart des utilisations domestiques. Comme peu de gens font bouillir l'eau avant de la boire, ceci entraîne de nombreuses maladies et c'est là un fait que les habitants des régions rurales ne comprennent pas.

Le Mouvement Sarvodaya joue un rôle primordial dans l'établissement de programmes d'éducation sanitaire et l'aménagement d'installations destinées à améliorer la santé des populations rurales de Sri Lanka. Le programme des puits couverts n'est que l'un des éléments de ce programme (Fig. 1). Le principal objectif du programme est l'installation de pompes à main économiques, fabriquées à partir de matériaux que l'on trouve sur place, en vue de fournir de l'eau potable propre à la consommation domestique. Au cours de ce projet, trois nouveaux modèles de pompe ont été mis au point pour les éléments sortis de terre de la pompe Waterloo qui a été conçue grâce à l'appui financier du Centre de recherches pour le développement international (CRDI). Plusieurs modifications ont également été apportées au piston et au clapet de retenue qui a été préféré au clapet de pied pour qu'il soit plus facile de fabriquer la pompe à l'aide des ressources disponibles sur place. Ce travail de conception visait à mettre au point une pompe incorporant les caractéristiques suivantes : utilisation de matériaux peu coûteux disponibles à Sri Lanka ; facilité d'entretien et de réparation, n'exigeant pas le recours à une main-d'œuvre hautement qualifiée et utilisation du chlorure de polyvinyle (PVC) afin d'éliminer les problèmes de corrosion.

Organisation du projet

On a entrepris, en janvier 1979, dans plusieurs villages des districts de Galle, de Matara et d'Hambantota une enquête préliminaire visant à déterminer la situation économique et les conditions sociales, les réseaux d'irrigation et le mode d'utilisation des pompes à main. En se fondant sur les conclusions de cette enquête, on avait d'abord convenu d'installer 60 pompes dans six villages mais par la suite, pour des raisons géographiques et politiques, le nombre de pompes a été ramené à quatre pour chacun des cinq villages suivants : Akurala, Talawa, Hingurudugoda et Ginimellagaha, dans le district de Galle et Yatiyana, dans le district de Matara. On a de plus installé une pompe au bureau du Centre Sarvodaya à des fins de démonstration.

Le projet a été divisé en trois étapes : la construction des puits, l'installation des pompes et enfin, l'inspection et les essais sur le terrain. Au cours de l'étude, on a insisté auprès des villageois sur l'importance de couvrir les puits et sur les problèmes de santé qui découlent de l'utilisation de puits à ciel ouvert. Tout le travail de construction a été réalisé par le Service technique rural Sarvodaya. Les pompes ont été assemblées et installées par la Section technique du Mouvement Sarvodaya et le travail d'enquête a été confié à une équipe choisie à cette fin.

L'enquête préliminaire a pris fin en juillet 1979 et le travail de construction, en février 1980. De février à août 1980, on a installé les pompes et commencé le travail de contrôle. Les pistons, les segments de piston, les pivots, les tourillons, les clapets de retenue, les boulons de clapet de retenue et les cylindres de pompe ont été fabriqués au Centre principal Sarvodaya. Les pièces qui étaient plus faciles à fabriquer ont été produites dans les centres Sarvodaya des villages.

Emplacement et construction des puits

Une attention toute particulière a été accordée au choix de l'emplacement des puits. Ceux-ci ont été creusés à au moins 30 m des latrines les plus proches ou d'une autre source de contamination et dans des secteurs bien drainés, exempts d'eaux de ruissellement,

même durant les grosses pluies (1 m = 3,28 pi). On a d'abord creusé un trou dans lequel on a installé un anneau de béton prémoulé. On a ensuite installé un deuxième anneau et on a poursuivi le forage jusqu'à ce que l'on ait atteint la nappe phréatique. Ces anneaux de béton formaient donc les parois du puits. Cette technique s'est avérée tellement fructueuse que le comité du Service technique rural Sarvodaya a décidé de procéder de cette façon pour la construction de tous les puits. Les moules servant à façonner les anneaux étaient faits de plaques d'acier doux et de fercornière de 1/8 po (3 mm). Ces moules ont été expédiés dans les villages où l'on a ensuite procédé à la fabrication des cylindres en béton. Dans chaque village, la Section technique rurale a formé six personnes pour fabriquer ces anneaux avec le concours des maçons du village.

Dans tous les cas, le puits a été scellé et une rigole a été prévue pour drainer l'eau déversée ; on a également étendu une couche de pierres pour faciliter le drainage (v. Fig. 1). L'aménagement d'un regard dans le couvercle du puits permet l'accès au puits. Une semaine après la fin de la construction du puits, on a procédé au nettoyage des murs et on a pompé l'eau du puits à l'aide d'une pompe mue par un moteur à essence.

Description des pompes

Les trois pompes conçues dans le cadre du projet comportaient essentiellement les mêmes éléments souterrains, mais elles présentaient des différences marquées au niveau des éléments hors du sol. On trouvera ci-après une description exhaustive des modifications qui ont été apportées tant aux pièces dans le sol qu'aux pièces hors du sol et qui sont résumées au tableau 1.

Éléments souterrains

Un clapet de retenue en PVC copié sur le modèle original de la pompe Waterloo a été utilisé dans la pompe de modèle V1 ; dans les autres pompes, toutefois, le piston et le clapet de retenue ont été remplacés par ceux qui sont montrés à la figure 2. Dans le cas des pistons et des clapets de retenue modifiés, un morceau de bois dans lequel huit trous avaient été percés a été inséré dans une section de tuyau en PVC de 5 cm de long et d'un diamètre extérieur de 4,5 cm (1 cm = 0,39 po). Dans ce nouveau modèle, on utilise, comme dispositif d'étanchéité du piston, des coupelles en cuir

Fig. 1. *Vue d'un puits muni d'une rigole et d'une couche de pierres pour faciliter le drainage.*

de fabrication locale. On a préféré ces coupelles en cuir aux rondelles en polyéthylène, car le dernier matériau n'étant pas fabriqué à Sri Lanka est coûteux et difficile à obtenir. On trouve par contre du cuir partout dans l'île. Les rondelles en PVC ont été fabriquées sur place, en aplatissant un tuyau en PVC chauffé et en façonnant les rondelles sur un tour. La soupape à plaques a été fabriquée à partir d'un tuyau en PVC aplati sur lequel on a collé un morceau de cuir pour créer un joint et ainsi empêcher les fuites. Il a fallu apporter cette modification parce que l'on signalait des fuites importantes lorsque l'on utilisait simultanément le PVC et le laiton. L'utilisation d'une soupape en cuir a complètement réglé ce problème.

Un bout de fil en acier galvanisé, utilisé pour faire le ressort, était maintenu en place à l'aide d'un écrou et d'une rondelle en laiton. Un boulon de laiton fileté en « I », de 12,5 cm de long maintient les pièces du piston ensemble. Une douille en laiton de 3,5 cm de long placée par dessus le boulon en « I » facilite le déplace-

Tableau 1. Résumé des coûts et de la qualité des outils et du matériel utilisés pour la fabrication des éléments de différents modèles de pompe.

Elément de pompe et modèle	Matériau utilisé[a]	Outils et matériel nécessaires	Coût (roupies)[b]		Qualité
			Matériaux	Main-d'œuvre	
Bâti					
L1	Fer-cornière	Machine à souder, scie à métaux	145	90	Satisfaisante
L2[c]	Béton	Outils de maçon, moule	80	60	Mauvaise
L3	Fer-cornière, tôle en AG	Perçeuse, scie à métaux, machine à souder, outils pour tôle	210	150	Très bonne
V1	Tuyau en AG, tôle en AD	Scie à métaux, machine à souder, perçeuse	30	50	Bonne
Bras					
L1	Tuyau en AG, AD, douilles en laiton	Perçeuse, scie à métaux, tour, machine à souder	80	100	Bonne
L2	Bois	Outils de menuisier	120	80	Mauvaise
L3	Tuyau en AG	Scie à métaux, machine à souder, outils de forgeron	100	100	Très bonne
V1	Bois, boulons, rondelles	Outils de menuisier, scie à métaux, perçeuse, limes	12	60	Satisfaisante
Piston et clapet de retenue					
1	Bois, cuir	Tour, perçeuse, couteau à cuir	10	50	Manque de durabilité faible efficacité volumétrique
2	PVC	Tour, perçeuse, adhésif à solvant organique, chalumeau	175	90	Fuit, brise facilement
3	PVC	Tour, perçeuse, adhésif à solvant organique	100	50	Bonne

a) Abréviations : AG, acier galvanisé ; AD, acier doux ; PVC, chlorure de polyvinyle.
b) 20 roupies = 1 $US.
c) Compte tenu des problèmes qu'elle posait, cette pompe a été écartée des essais sur le terrain ; elle a été remplacée par le modèle L3 aux puits où elle avait été installée au départ.

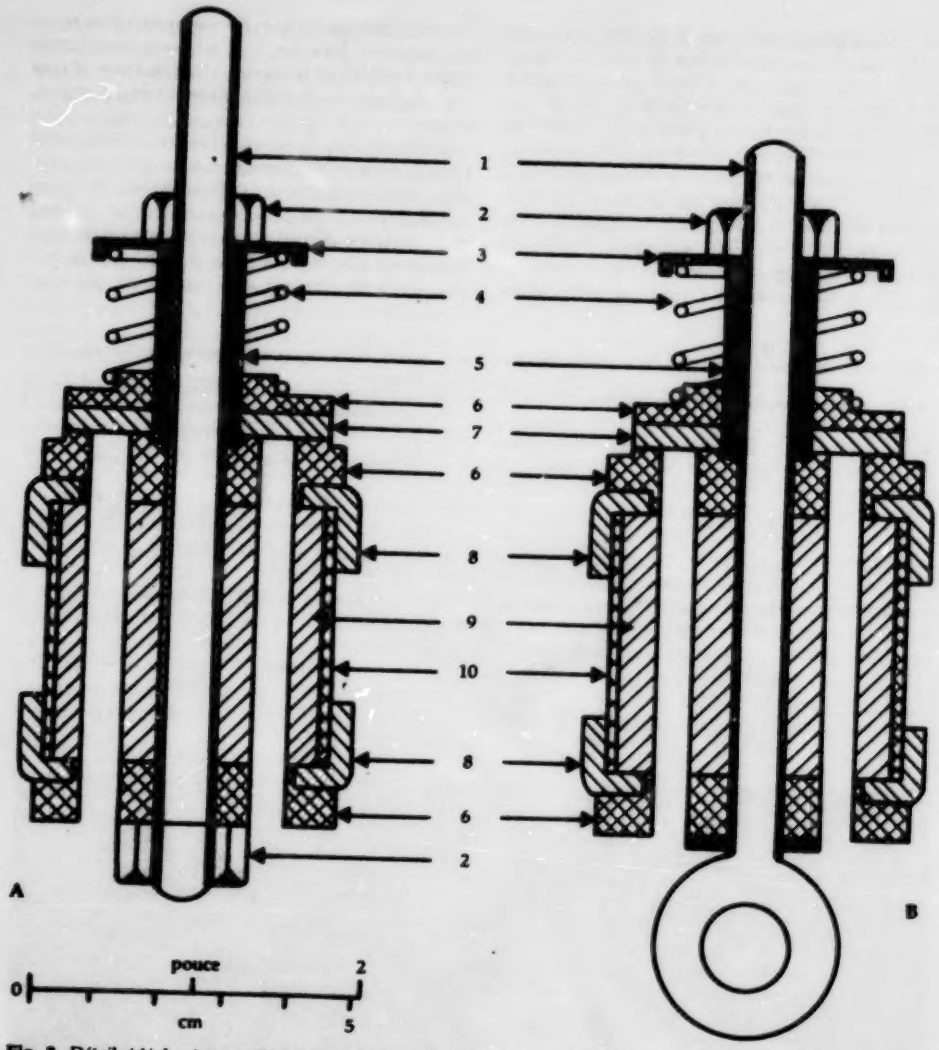


Fig. 2. *Détails (A) du piston et (B) du clapet de retenue utilisés dans les pompes L1 et L3 : 1) boulon en « I » ; 2) écrou en laiton ; 3) couvercle en PVC ; 4) ressort en laiton ; 5) douille en laiton ; 6) rondelle en PVC ; 7) soupape à plaques en cuir ; 8) cuvette de cuir ; 9) bois ; et 10) tuyau en PVC.*

ment de la soupape à plaques. Cette douille assure également un écart convenable entre les éléments du piston et du clapet de retenue ainsi que la tension exacte du ressort une fois les pièces assemblées.

Les guides de bielle qui se trouvent dans le cylindre de pompe sont fabriqués de tronçons de tuyau en PVC soudés à la bielle en PVC à l'aide d'un adhésif à solvant.

On utilise des accouplements filetés pour raccorder les éléments de la tige du piston (v. Fig. 3). Au départ, on avait raccordé les tiges à l'aide d'un boulon, mais les boulons se brisaient à cause de la tension exercée au joint. L'utilisation d'accouplements en PVC s'est révélée très efficace.

Éléments hors du sol

La pompe de modèle L3

Pour les essais sur le terrain, on a installé au total six pompes de ce modèle, dont quatre à Talawa, une à Ginimallagaha et une autre au Centre principal Sarvodaya. Ces pompes venaient remplacer les pompes de modèle L2 qui avaient d'abord été installées dans ces puits. Le cadre de la pompe L2 était en béton et la pompe était munie d'un bras en bois. À l'origine, les pompes L3 comportaient elles aussi un bras qui pivotait sur un coussinet fixé sur un socle en béton. Même si cette installation s'est révélée meilleure que la pompe L2, il a fallu la modifier elle aussi à cause d'une usure anormale et rapide du bois au point de pivot. L'usure était telle que l'on pouvait baisser le bras au point de le mettre en contact avec le dégorgeoir, ce qui entrainait un cognement constant du bras au cours de l'utilisation de la pompe, et avait pour effet de rompre le joint

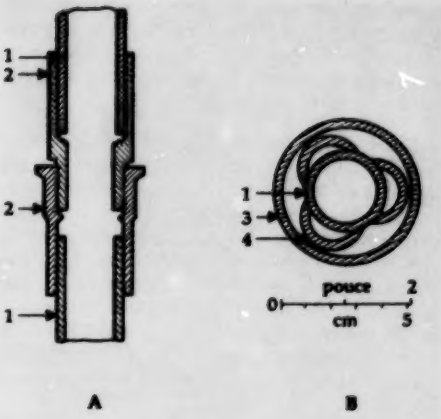


Fig. 3. *(A) Raccords filetés de la tige du piston et (B) guides en PVC collés à la tige du piston pour réduire les vibrations causées par le pompage : 1) bielle, 2) raccord fileté, 3) colonne montante et 4) guides de la tige du piston.*

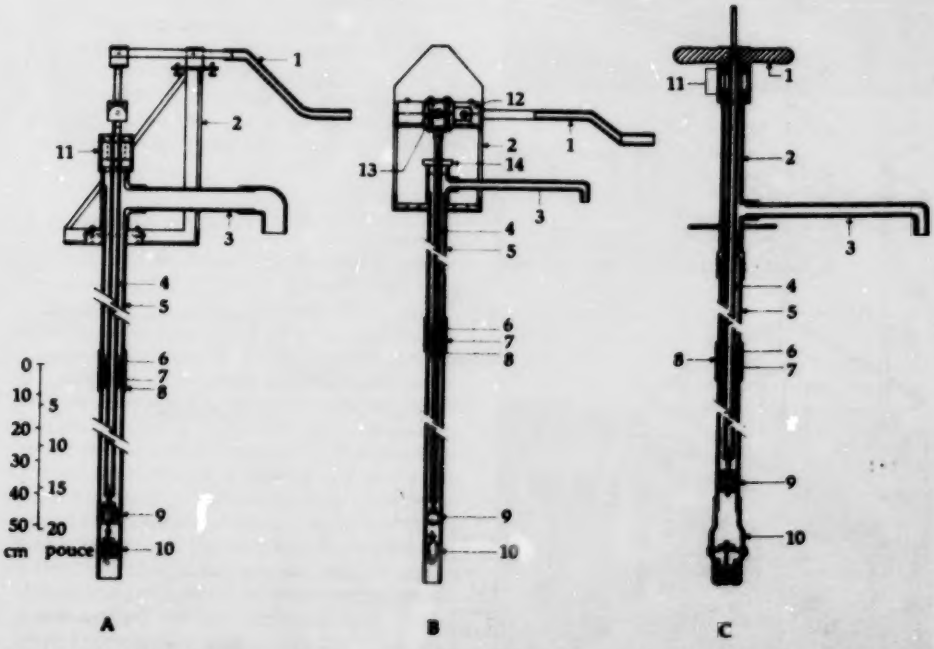


Fig. 4. *(A) Pompe L1, (B) pompe L3 et (C) pompe V1 : 1) bras ; 2) montant ; 3) dégorgeoir ; 4) tige du piston ; 5) colonne montante ; 6) guide de la tige de piston ; 7) raccord de la tige de piston ; 8) joint de la colonne montante ; 9) piston ; 10) clapet de retenue ; 11) coussinet et boîte de compteur en bois (L1 et V1) ; 12) coussinet principal (L3) ; 13) palier de tête de bielle (L3) ; et 14) contre-base (L3).*

entre le cylindre de pompe et le dégorgeoir. On a remédié à ce problème par la mise au point d'un nouveau bras qui, outre le fait qu'on ne pouvait l'abaisser trop bas, facilitait le fonctionnement de la pompe (Fig. 4).

Cadre On utilise du fer-cornière pour fabriquer le cadre carré de cette pompe. Quatre boulons de 9 mm sont soudés à la partie supérieure du cadre pour fixer le cylindre de pompe et quatre trous de 12,5 mm sont perçés dans la partie inférieure pour la fixation au puits (1 mm = 0,39 po). Deux équerres de fer plat servent à maintenir la colonne montante. L'une d'elles est soudée à la partie inférieure du montant et l'autre est ancrée à l'équerre fixe à l'aide de boulons de 6 mm (Fig. 5).

Coussinets On utilise du bois (du satin ou du palu) pour les deux jeux de coussinets. Un ensemble est raccordé à la tige du piston. L'autre est utilisé au point de pivot du bras et est conçu de façon à ce que l'on puisse inverser le coussinet lorsqu'il est trop usé, ce qui permet d'en prolonger la durée (Fig. 5).

Dégorgeoir Le dégorgeoir est un tuyau galvanisé de 25 mm. Le tuyau est rempli de sable pour l'empêcher d'onduler et est coudé à la chaleur sur un gabarit spécialement conçu par le personnel du projet. L'autre extrémité est filetée pour permettre sa fixation au cylindre de pompe.

Bielle La bielle est fabriquée à l'aide d'un tuyau en PVC de 19 mm. Les tronçons de la tige sont raccordés à l'aide de raccords filetés en PVC et la bielle et le piston sont joints à l'aide d'un raccord en laiton fileté.

Couvercle du cadre Un couvercle de tôle galvanisée (calibre 22) est fixé au cadre par des écrous et des boulons. La partie supérieure, qui est amovible, est taillée en cône afin de protéger le mécanisme de la pompe contre la pluie, ce qui est important pour prolonger la durée des coussinets en bois. Le couvercle amovible permet également un accès facile pour l'inspection et l'entretien du mécanisme.

Bras Au départ, le bras avait été installé sur un côté du cadre de la pompe. Toutefois,

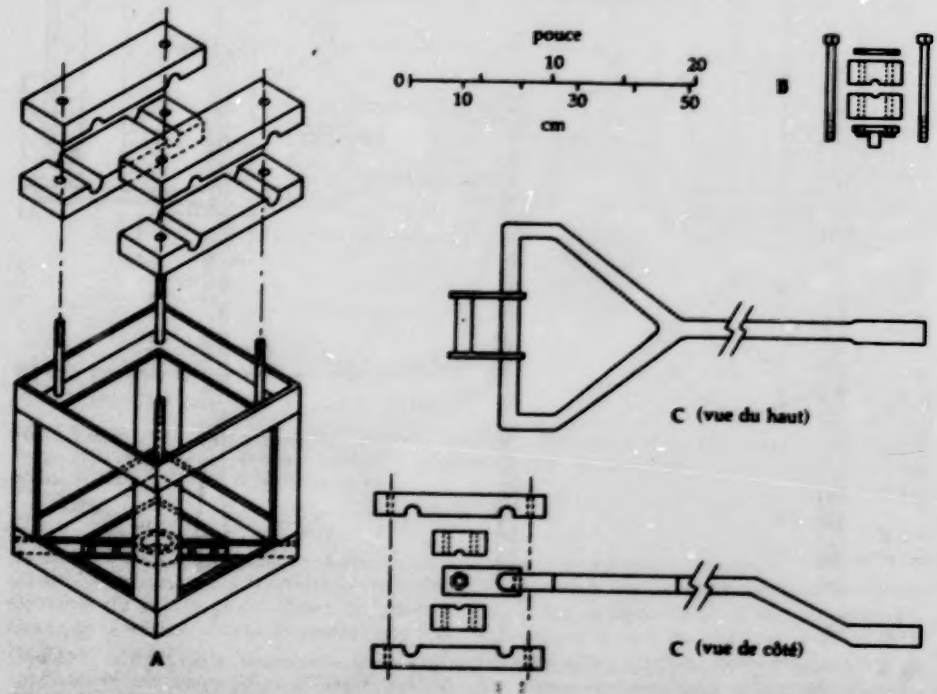


Fig. 5. *Détails de la pompe de modèle L3 : (A) bâti et coussinets en bois, (B) coussinet de tête de bielle, et (C) modèle définitif du bras indiquant la position des coussinets en bois.*

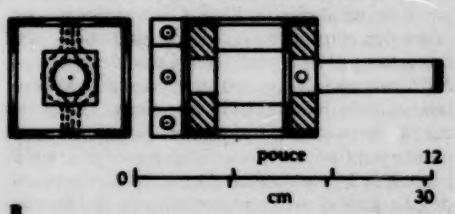
cette installation provoquait une usure anormale du coussinet en bois, aussi l'a-t-on modifié. Le bras est maintenant fait d'un tuyau de 12,5 mm en acier galvanisé et de deux morceaux en fer plat (v. Fig. 5). Ce bras a été conçu pour prolonger la durée du coussinet en bois et rendre la pompe plus facile d'utilisation tout en réduisant la course du piston. Lorsque l'utilisateur abaisse trop le bras de la pompe, il se heurte la main contre le dégorgeoir en fer. Cette caractéristique élémentaire du modèle protège non seulement les pièces internes de la pompe contre le bris, mais elle permet aussi au besoin, de cadenasser la pompe.

La pompe de modèle L1

Six pompes de modèle L1 ont été installées à Baddegama, trois à Ginimallagaha et trois autres à Hingurudugoda. Les éléments hors du sol de ces pompes (Tableau 1 et Fig. 4) n'ont exigé aucune modification, leur fonctionnement étant satisfaisant. Au départ, on utilisait un cylindre de 7,5 cm pour la colonne montante et un tuyau de 5 cm pour la section hors du sol de la colonne. Cela signifiait toutefois qu'il était impossible d'enlever le piston de 7,5 cm pour faire les réparations sans couper le cylindre. Pour faciliter les réparations et économiser temps et main-d'œuvre, on utilise à présent un piston de 5 cm et un tuyau de 5 cm pour toute la longueur de la colonne montante et du cylindre.

La pompe de modèle VI

Neuf pompes de modèle VI (Fig. 4) ont été installées, dont quatre à Akurala, quatre à Yatiyana et une à Hingurudugoda. A ces endroits, les puits ont de 3 à 4 m de profondeur. Les éléments hors du sol de cette pompe ont été modifiés en fonction de notre expérience, des résultats obtenus au cours des essais sur le terrain et des suggestions des utilisateurs. Nous avons constaté que le bras original, en métal, était difficile à manier. Nous l'avons donc remplacé par un bras en bois. Nous nous sommes également rendus compte que le piston pouvait sortir du cylindre pendant le pompage ; une simple équerre en métal a permis d'empêcher une élévation excessive (v. Fig. 6). Cette pompe est peu coûteuse, soit 75 $US pour la pompe au complet qui permet de puiser l'eau à 3 m de profondeur. Toutefois, du fait que ce modèle ne comporte pas de mécanisme de levier, l'utilisateur doit soulever tout le poids de l'eau dans la colonne, ce qui



B

Fig. 6. *(A) Dispositif d'arrêt et boîte du compteur fixés aux pompes de modèle VI, (B) détails de l'installation du compteur et (C) assemblage du compteur de la pompe VI.*

rend fatigante l'utilisation prolongée de cette pompe.

Corps de la pompe Le corps de la pompe est un tuyau galvanisé de 5,1 cm. Une plaque galvanisée sert à le fixer au puits et un manchon de 2,5 cm est soudé au corps pour la fixation du dégorgeoir.

Dégorgeoir Le dégorgeoir est constitué d'un tuyau de 2,5 cm vissé au corps de la pompe. L'autre extrémité du dégorgeoir est pliée, à la chaleur, à un angle de 90°.

Bras Le bras est fabriqué en bois dur, soit du satin ou du jacquier et il est maintenu en place à l'aide d'un boulon. La pompe est très facile à faire fonctionner, mais son utilisation prolongée peut se révéler fatigante. Dans quelques cas, le bras en bois s'est brisé pendant le pompage. Il est toutefois intéressant de signaler que les villageois peuvent facilement fabriquer eux-mêmes un nouveau bras de pompe.

Conduite principale On a utilisé, pour la colonne montante, un tuyau en PVC de 5 cm de diamètre. Des problèmes de fabrication locale ont fait que même si l'extérieur du tuyau était lisse, l'intérieur était rugueux et n'était pas parfaitement rond. Ces problèmes ont rendu impossible la fabrication d'un joint satisfaisant pour le piston et le clapet de retenue à partir de rondelles en PVC. On a plutôt mis au point des coupelles en cuir qui pouvaient être fabriquées dans les villages. Ces coupelles ont été fabriquées à l'aide d'une presse rudimentaire et d'un découpoir de fabrication locale. Le cuir a été traité au suif et était maintenu sous presse pendant au moins 30 minutes pour qu'il prenne la forme voulue. Ces coupelles servent depuis plus d'un an et continuent de donner de bons résultats. On a également eu des problèmes lorsque l'on s'est servi des raccords disponibles sur place pour raccorder la colonne montante de 5 cm. Ces raccords produisaient des joints de mauvaise qualité et, compte tenu de leur forme, laissaient une saillie sur les tuyaux raccordés. Ces saillies créaient un problème parce que les coupelles en cuir bloquaient aux joints, et empêchaient d'enlever le piston sans couper la colonne montante. Pour régler ce problème, les tuyaux ont été assemblés au moyen de raccords à bout femelle. On trempait l'extrémité du tuyau en PVC dans l'huile de noix de coco chaude afin de ramollir le plastique et on le plaçait ensuite de force sur une forme métallique fabriquée sur place afin d'augmenter suffisamment le diamètre du tuyau pour qu'il s'adapte parfaitement à l'extrémité normale du tuyau contigu. On pouvait alors raccorder ces tuyaux à l'aide d'un adhésif à solvant organique. Cette méthode s'est révélée efficace et permet d'enlever facilement le piston pour l'entretien et les réparations.

Évaluation technique

Au cours des essais sur le terrain, un certain nombre de modifications faisant appel à des matériaux et à la main-d'œuvre disponibles sur place ont été apportées au modèle pour régler les problèmes qui se présentaient. On a également pris des relevés systématiques du degré d'usure des segments de piston, de la soupape à plaques du piston, du clapet de retenue, des tourillons, du pivot et de la bielle afin d'évaluer la durabilité de ces pompes sur le terrain. On a également utilisé un compteur mécanique installé à cette fin (Fig. 6) pour évaluer le rendement technique des pompes. Ce compteur mesurait la longueur de chaque course de piston et donnait ainsi une lecture du degré d'utilisation de la pompe. Le rendement volumétrique de la pompe a été calculé comme suit : rendement volumétrique = (débit réel × 100)/ (section du cylindre × longueur d'une course normale). On a également procédé au calcul du rendement mécanique de ces pompes.

Au cours des étapes initiales des essais, de nombreuses pompes fonctionnaient mal parce que les joints de la tige du piston se brisaient. Les boulons galvanisés utilisés pour joindre les éléments se brisaient après environ 3 mois d'utilisation à cause de la vibration qui se produisait au cours du pompage. De plus, les trous perçés aux points de raccord de la bielle affaiblissaient la tige et en provoquaient parfois la rupture. Les tiges sont maintenant raccordées à l'aide de raccords filetés en PVC que l'on trouve facilement sur le marché local. Les raccords sont collés aux extrémités des tiges et ces dernières sont vissées ensemble. Cette méthode s'est révélée très satisfaisante. De plus, des guides faits à partir de tronçons de tuyau en PVC ont été fixés à la tige du piston (v. Fig. 3). Ces guides ont permis de réduire l'intensité des vibrations de la tige du piston et d'amenuiser certains problèmes dus à la fatigue.

Pour la pompe de modèle L1, on s'est servi d'un tuyau de 7,5 cm de diamètre comme

cylindre de pompage afin d'augmenter le rendement de la pompe ; cela a toutefois entraîné des problèmes parce que le piston ne pouvait être soulevé au-dessus du segment du cylindre étant donné que le diamètre de la colonne montante était inférieur à celui du cylindre de pompage. Pour enlever le piston à des fins de réparation ou d'entretien, il fallait couper le cylindre. Par conséquent, dans toutes les pompes, nous utilisons à présent un tuyau de 5 cm sur toute la longueur de la colonne montante et du cylindre. Un problème subsiste toutefois à propos de la colonne montante : les joints du tuyau se séparent de temps à autre au cours du pompage à cause de la vibration du tuyau. On n'a toutefois constaté ce problème que lorsque la colonne montante avait plus de 5 m de long. Dans le cas des puits moins profonds, ce problème ne s'est pas présenté.

Du fait que la colonne montante était ouverte à l'extrémité, le clapet de retenue original, muni de rondelles de polyéthylène, tombait souvent dans le puits, encore une fois, à cause de la vibration produite au cours du pompage. L'utilisation de coupelles en cuir dans le clapet semble être venu à bout de ce problème. Pour plus de sûreté, l'extrémité de la colonne montante est chauffée et ondulée afin d'empêcher le clapet de retenue de tomber dans le puits. Un grillage posé au-dessus de l'extrémité de la colonne montante a également été utilisé pour corriger ce problème, mais on s'est rendu compte qu'il était plus pratique d'onduler l'extrémité de la colonne.

La fabrication sur place du piston et du clapet de retenue de modèle Waterloo présente d'énormes difficultés parce que l'on ne peut trouver de PVC solide sur le marché à Sri Lanka. Plusieurs tentatives ont été faites pour improviser à l'aide de matériaux disponibles sur place. Nous avons d'abord essayé de fabriquer une tige ou un cylindre " solide " en aboutant des tuyaux en PVC de plus en plus petits l'un à l'autre. Cette méthode comporte des problèmes parce que, au moment de canneler le cylindre aux fins de l'installation des segments de piston, les extrémités de la tige avaient tendance à se casser. Il était également très difficile de percer des trous sur la longueur de ce tuyau " improvisé ". Nous avons ensuite essayé de fabriquer le piston et le clapet de retenue avec du bois tout en nous servant de polyéthylène pour faire les joints. Même si la construction des clapets était plus facile, ces derniers n'étaient pas satisfaisants parce que les segments de piston se coinçaient dans les cannelures et ne formaient pas un joint adéquat à la paroi du tube prolongateur. À cause de l'aspect rugueux de leur surface intérieure, les tuyaux en PVC disponibles à Sri Lanka, n'assuraient qu'un piètre degré d'étanchéité. En outre, la surface rugueuse usait rapidement les rondelles de polyéthylène, causait des bavures au bord des rondelles et les amenait à se coincer dans les cannelures.

On est arrivé à régler les problèmes touchant les clapets à l'aide d'un modèle faisant appel à un tuyau en PVC creux à coeur en bois et à des coupelles en cuir. Cette technique (v. Fig. 2) a permis d'éliminer complètement les fuites et aussi d'amoindrir l'usure de la colonne montante. Lorsqu'on utilisait des rondelles en polyéthylène pendant les essais sur le terrain, la colonne montante s'usait de 0,35 mm à tous les 90 jours d'utilisation. On pense que cela pourrait être dû au fait que des particules de limon s'incrustaient dans les rondelles et avaient ni plus ni moins qu'un effet de papier émeri sur la paroi du cylindre. Des essais analogues faits avec des coupelles en cuir ont révélé une usure beaucoup moins importante. Cette technique rend possible la fabrication et la réparation sur place et a démontré sa fiabilité sur le terrain pendant plus d'un an.

Pendant l'essai de ces pompes sur le terrain, deux modèles de clapet de retenue ont été testés. Dans le cas des pompes V1, un clapet de retenue muni d'une soupape à plaques en caoutchouc a été vissé au fond de la colonne montante. Toutefois, un clapet de retenue récupérable du même modèle que le piston en PVC et en bois a été utilisé pour les pompes de modèle L1 et L3. Une soupape à plaques en caoutchouc a été utilisée pour la pompe V1 et cela a très bien fonctionné (Fig. 7). Mais étant donné que cette soupape est vissée à la colonne montante, son utilisation n'est pratique que dans le cas des puits de surface où il est facile d'enlever toute la longueur de la colonne montante pour l'entretien du clapet. La soupape en PVC et en bois (Fig. 2) qui a été utilisée dans les pompes L1 et L3 peut être retirée sans que l'on ait à enlever la colonne montante. Parce qu'elle associe des coupelles en cuir et une soupape à plaques en cuir et en PVC, les villageois peuvent facilement réparer eux-mêmes les pièces usées. Par ailleurs, il n'est pas aussi facile de se procurer le caoutchouc nécessaire pour la soupape à plaques que l'on utilise dans la pompe V1. Ce matériau coûte aussi plus cher.

Nous avons pu, grâce à un compteur mécanique, établir le degré d'utilisation de chaque pompe. Nous avons ensuite estimé le débit d'eau moyen en litres, par jour, la distance

Tableau 2. Données[a] générales sur la performance, les mesures de l'usure et de l'entretien et les réparations nécessaires.

Modèle et numéro de pompe	Nombre d'utilisateurs	Efficacité volumétrique (%)	Charge hydraulique (m)	Débit d'eau moyen (L/jour)	Pourcentage d'usure			Temps d'arrêt (jours)	Entretien et réparations	
					Segments de piston	Cylindre	Tourillons		Pièces ($US)	Main-d'œuvre (heures)
Pompes V1										
BA 01	73	80	3,4	900	12	7,5	11	7	17,70	3,25
BA 02	50	65	1,5	403	22	9	12	6	11,75	3,50
BA 03	48	91	1,4	115	15	10	22	4	11,25	2,00
BA 04	56	74	1,4	285	12,5	5	21	5	11,10	2,00
BH 15	44	62	2,9	821	13	8	21	3	3,50	2,00
MY 17	17	85	2,4	292	3,8	2,5	20	3	5,00	2,00
MY 18	21	69	2,9	726	11	5	23	—	—	—
MY 19	43	73	1,8	289	13	5	22	4	4,75	1,50
MY 20	34	55	1,2	49	16	2,8	11	3	1,25	0,25
Pompes L3										
BT 05	21	77	3,0	513	14,1	7	8	6	14,00	4,50
BT 06	27	84	2,3	400	15	5,2	7	6	18,75	6,00
BT 07	62	75	5,4	536	14,6	8	8,8	6	10,00	4,75
BT 08	29	69	6,0	476	12	5,8	12	6	8,50	5,75
BG 12	32	86	7,9	340	11,5	7,9	9	7	12,00	6,25
MC 21	50	80	5,9	100	—	—	—	1	—	1,00
Pompes L1										
BG 09	46	99	3,5	490	7	9,2	1,3	11	19,00	6,50
BG 10	52	87	5,3	875	5,5	3	1	10	20,00	7,00
BG 11	58	89	6,6	832	13	5	2	11	15,00	4,50
BG 13	42	88	2,8	930	12	5,7	1,6	6	14,50	3,50
BG 14	33	92	2,5	705	6	5,5	1,4	8	15,85	5,25
BH 16	76	93	3,3	972	4,8	10,5	2	7	2,50	3,50

a) 1 m = 3,28 pieds; 1 L = 0,22 gal.

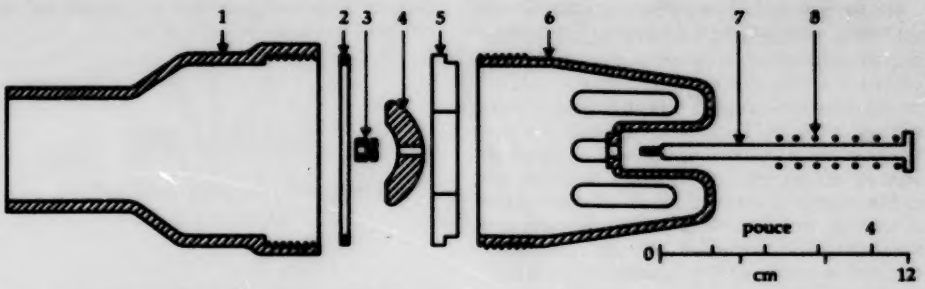


Fig. 7. *Détail du clapet de retenue utilisé dans les pompes de modèle V1 : 1) couvercle en PVC ; 2) rondelle en caoutchouc ; 3) écrou et rondelle en laiton ; 4) clapet de retenue en caoutchouc ; 5) plaque en PVC ; 6) grillage en PVC ; 7) boulon en laiton ; et 8) ressort en laiton.*

parcourue par le piston et le degré d'usure de chaque élément en fonction de l'utilisation de la pompe. Le tableau 2 donne un résumé des données sur le rendement recueillies de mars 1981 à avril 1982. Les résultats de l'enquête révèlent que la pompe L1 était la moins touchée par l'usure et conservait le rendement volumétrique le plus élevé. Cela était probablement dû aux coupelles en cuir. Étant donné qu'on ne pouvait pas se procurer de tuyau en PVC de grande qualité (la plupart des tuyaux étaient excentrés et leur paroi intérieure, rugueuse), au début, les rondelles en polyéthylène subissaient une usure considérable jusqu'à ce que le frottement leur donne le profil interne du cylindre. L'usure des tourillons variait énormément en fonction du matériau utilisé. Par exemple, les coussinets en laiton utilisés pour la pompe L1 présentaient un degré d'usure maximal de 2 % tandis que le degré d'usure des coussinets en bois utilisés pour la pompe L3 pouvait atteindre 23 %. On s'est rendu compte que, même si les coussinets en bois étaient plus sujets à l'usure, cette usure n'entravait pas le fonctionnement de la pompe ; par contre, une usure d'aussi peu que 1 mm sur des coussinets en laiton rendait le fonctionnement de la pompe difficile.

Il est intéressant de constater que, sur les trois pompes mises à l'essai, c'est le modèle L1 qui a été soumis aux groupes d'utilisateurs les plus nombreux, la moyenne étant de 51 personnes par pompe. Le modèle L3 est celui qui a été soumis au degré d'utilisation le plus faible, la moyenne d'utilisateurs étant de 37 personnes par groupe. En moyenne, 42 personnes par groupe ont utilisé la pompe V1. Même si le nombre d'utilisateurs était supérieur dans le cas de la pompe L1, la moyenne des pannes touchant cette dernière n'était pas plus élevée que dans le cas du modèle L3. C'est le modèle V1, soit la pompe à action directe qui a présenté le taux de pannes le plus faible.

En conclusion, même si le plan original du modèle Waterloo prévoyait l'utilisation de rondelles en polyéthylène comme joints entre le piston et le cylindre et le clapet de pied et le cylindre, il a été impossible d'employer ce matériau à cause de la mauvaise qualité du tuyau en PVC et des difficultés d'approvisionnement en polyéthylène.

Facile à trouver et peu coûteux, le cuir s'imposait comme solution de rechange logique. Il était assez facile de donner au cuir la forme souhaitée en utilisant une matrice en métal. Il s'agit d'une technique assez simple pour être maîtrisée par un travailleur du village. Même si les pompes de fer-cornière de modèle L1 étaient résistantes, l'usure des coussinets en laiton en rendait le fonctionnement difficile. C'était par conséquent plus pratique et moins coûteux d'utiliser des coussinets en bois, comme pour le modèle L3, même s'ils nécessitaient un entretien plus soutenu.

La pompe mise au point dans le cadre du projet subventionné par le CRDI est à notre avis durable, de fabrication économique et propre à être entretenue par des villageois ayant reçu une formation élémentaire.

Remerciements Le programme de recherche sur la pompe de modèle Waterloo a été réalisé par le mouvement Lanka Jathika Sarvodaya Shramadana (Inc.) à Sri Lanka et subventionné par le CRDI. Nous voulons présenter nos plus sincères remerciements

aux coordonnateurs du Mouvement Sarvodaya du district de Galle MM. Danny Dissanayaka et du district de Matara, P. Hewavitharana, à Karl Wherle, Thomas Zimmerman et Gunapala Ganegama de l'Unité de la section technique rurale, Centre Sarvodaya, à Moratuwa ainsi qu'à tous les ouvriers des Centres Sarvodaya Gramodaya et aux gens qui ont contribué au succès de notre projet.

Thaïlande

Pichai Nimityongskul et Pisidhi Karasudhi

Le Conseil national de développement économique et social de la Thaïlande rapporte que plus de 80 % des Thaïlandais habitent dans des villages ruraux et que seulement 40 % d'entre eux ont accès à un approvisionnement en eau sécuritaire. Si l'approvisionnement en eau des habitants des zones urbaines est d'assez bonne qualité, celui des collectivités rurales est loin d'être satisfaisant. Dans les régions rurales, l'eau potable et l'eau destinée à d'autres usages domestiques proviennent de sources variées : de la collecte des eaux pluviales, de puits profonds et de puits de surface, de réservoirs, d'étangs et de cours d'eau. Parmi toutes ces sources, ce sont les puits profonds et les puits de surface qui offrent la meilleure protection contre les maladies transmissibles par l'eau.

Environ 90 % des puits creusés en Thaïlande sont munis de pompes à main et plus de 5 millions de personnes comptent sur ces pompes pour puiser l'eau dont ils ont besoin aux fins de consommation et à d'autres fins domestiques. Les pompes à main sont donc partie intégrante de la vie des ruraux et leur fonctionnement et leur entretien présentent un défi. On évalue, à lui seul, à plus de 500 000 $US le coût annuel de réparation et d'entretien des quelque 7 000 pompes à main installées par le Département des richesses naturelles. De plus, NIDA (1978) signalait que, d'après un échantillon pris au hasard, des 19 000 pompes à main installées en Thaïlande par les différents organismes gouvernementaux, il y en avait environ 5 000 en panne chaque jour.

Objet et portée du projet

Le principal objectif de l'étude était de tester, dans diverses conditions environnementales, la pompe à main mise au point par l'Université de Waterloo et, par la suite, de modifier et d'améliorer ce modèle de pompe pour l'adapter aux conditions locales. Plus particulièrement, l'étude visait à : 1) passer en revue les pompes à main utilisées à l'heure actuelle par les cinq principaux organismes gouvernementaux responsables de l'approvisionnement en eau des régions rurales en Thaïlande ; 2) faire des tests en laboratoire des différents modèles de pompes à main, y compris la pompe Waterloo, afin de comparer leur rendement et leur résistance dans différentes conditions ; 3) installer la pompe Waterloo et la mettre à l'essai sur le terrain ; et enfin, 4) en se fondant sur les résultats des essais en laboratoire et sur le terrain, adapter et modifier le modèle Waterloo et tester la pompe modifiée sur place, dans un village.

Le projet a reçu l'appui financier du Centre de recherches pour le développement international (CRDI) et a été réalisé grâce à la collaboration des organismes gouvernementaux thaïlandais suivants : le Département des richesses naturelles (DMR) du ministère de l'Industrie ; le Département de la santé du ministère de la Santé publique ; le Département des travaux publics du ministère de l'Intérieur ; l'Office du développement rural accéléré (ARD) du ministère de l'Intérieur et l'Office de la technologie agricole du ministère de l'Agriculture et des coopératives. De plus, le Conseil national de développement économique et social et le Conseil du développement social du Cabinet du Premier ministre ont rempli le rôle de coordonnateurs.

Revue des pompes à main installées en Thaïlande

Historiquement, on a installé en Thaïlande des pompes à main provenant de l'Europe et de l'Amérique du Nord et conçues pour n'être utilisées que par une seule famille dans les pays industrialisés. Dans les pays en développement, ces pompes étaient partagées par un grand nombre de personnes habitant la localité rurale et, à cause de leur utilisation intense, elles se brisaient très souvent et, dans la plupart des cas, les villageois n'étaient pas en mesure de les réparer eux-mêmes. Selon l'ARD, (Office du développement rural accéléré, 1980), différents organismes internationaux ont installé plusieurs modèles de pompes en Thaïlande. Toutefois, les différentes

pompes à main que l'on retrouve en Thaïlande se répartissent généralement en deux groupes : les pompes à main du DMR et celles de l'ARD.

Les prototypes des pompes à main du DMR sont la Demster, la Red Jacket et d'autres données par les États-Unis ou achetées dans ce pays. Ce type de pompe comprend un levier à trois goupilles ainsi qu'un pied de bielle et un cylindre habituellement muni d'un piston plongeur comportant deux coupelles en cuir et une soupape à clapet. La soupape inférieure consiste en un clapet à ressort et la pompe comporte un cylindre de 3 pouces (7,5 cm), une tige de pompage de 7/16 po (11 mm) et un tube de descente (colonne montante) de 1,25 po (3 cm). La garniture de la soupape d'aspiration, la coupelle de piston, le joint supérieur et le joint d'étanchéité du cylindre de ces pompes sont en cuir tandis que le joint du dégorgeoir est en caoutchouc. Il existe 42 éléments distincts et la plupart d'entre eux sont en laiton. On utilise de l'acier étiré à froid pour l'accouplement de réduction du cylindre, l'axe de rotation inférieur et la tige du piston.

Les pompes à main fournies par le département des Travaux publics sont comprises dans ce groupe parce qu'elles sont semblables aux pompes à main du DMR, mis à part le tube de descente qui est légèrement plus gros (1,5 po, 3,8 cm de diamètre).

La pompe à main de l'ARD que l'on appelle habituellement la pompe Korat, a été adoptée par le Département de la santé, l'Office de l'ARD et le Département de l'administration locale. Le mécanisme de la pompe est à pignon et crémaillère (modèle d'engrenage). On a recours au cuir pour le joint du piston, la garniture et le joint de douille. Tous les capuchons d'écrou de garniture, les soupapes, les contre-écrous et les douilles du mécanisme du bras de pompe sont en laiton. Cette pompe est munie d'un cylindre de 3 po (7,5 cm) et d'un tube de descente de 1,25 po (3 cm) et comporte 32 éléments.

La pompe à main fournie par l'ARD présente une légère différence. Elle est fondamentalement identique à la Korat sauf qu'elle possède un cylindre de 3 pouces (7,5 cm) de diamètre en chlorure de polyvinyle (PVC) et un tube de descente de 1,25 pouce (3 cm). Les pompes fournies par le Département de l'administration locale servent habituellement pour les puits de surface.

Les avantages et les inconvénients des pompes à main du DMR et de l'ARD sont résumés au tableau 1.

Dans le cas de la pompe Waterloo, fondamentalement, tous les éléments sont fabriqués en PVC rigide et en polyéthylène qui sont des polymères peu coûteux. Ces matières plastiques ont été choisies pour leur facilité de fabrication, leur coût peu élevé et leur efficacité. Les éléments dans le sol consistent en un tubage de puits en PVC qui remplit également la fonction de cylindre de pompe pour le piston en plastique. Le clapet de pied en plastique est constitué d'éléments identiques à ceux du piston

Tableau 1. Avantages et inconvénients des pompes à main en usage en Thaïlande.

DMR	ARD
Avantages	*Avantages*
La chambre à air de l'élément hors du sol aide à maintenir un débit d'eau constant.	Le mouvement vertical de la tige de pompage est assuré par un engrenage à crémaillère.
Le bras se compose d'une seule pièce en fonte de forme et de taille appropriées. Elle est donc résistante et facile à manœuvrer.	La pompe possède un moins grand nombre d'éléments mobiles susceptibles de s'user.
	Le ressort amortisseur de choc empêche le piston plongeur de cogner contre les pièces inférieures et supérieures du cylindre.
Inconvénients	*Inconvénients*
Le contact direct de l'axe et de la douille provoque une usure rapide.	Le débit d'eau n'est pas constant à cause de l'absence de chambre à air.
En cas de bris de l'axe, le bras peut se déplacer à l'horizontale et endommager d'autres pièces.	Le bras et le pignon sont des pièces distinctes et il se produit souvent un bris à ce joint.
Il y a du jeu entre l'axe et le presse-étoupe, ce qui peut entraîner un mouvement excentrique de la tige de pompage et nuire à l'efficacité de la pompe.	
Le piston plongeur peut cogner contre les pièces inférieures et supérieures du cylindre s'il n'est pas bien installé.	
La tige du pivot en fonte n'est pas assez solide et a tendance à se briser lorsqu'on utilise la pompe de façon trop intense.	

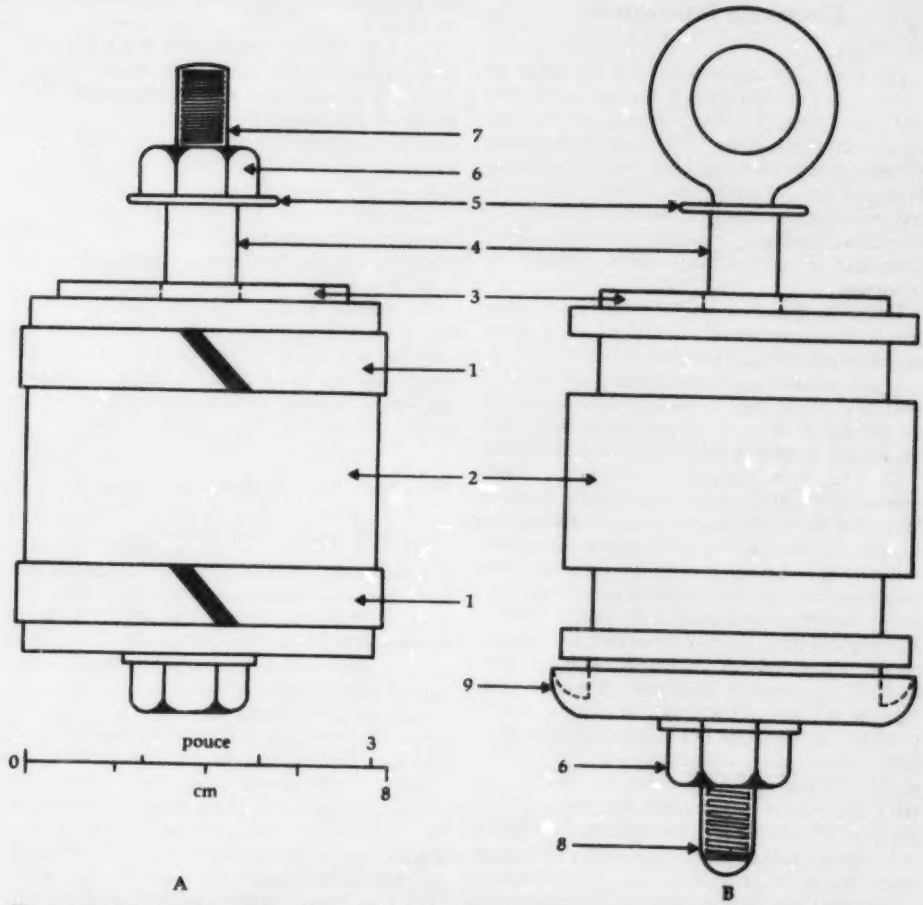


Fig. 1. *(A) Piston et (B) assemblage du clapet de pied de la pompe à main Waterloo : 1) rondelle de polyéthylène ; 2) piston ; 3) soupape à plaques en PVC ; 4) guide de soupape en laiton ; 5) rondelle plate ; 6) écrou ; 7) boulon ; 8) boulon à œil ; et 9) adapteur de clapet de pied en polyéthylène.*

(Fig. 1). Le débit de l'eau dans le piston et le clapet de pied est régularisé par des soupapes à plaques en caoutchouc simples. Les segments de piston en polyéthylène assurent des joints hydrauliques efficaces tout en offrant une résistance due au frottement moindre que les coupelles ou les rondelles en cuir. On s'est rendu compte que l'usure porte beaucoup plus sur les rondelles qui peuvent être facilement remplacées que sur le tubage du puits. Le clapet de pied peut être facilement enlevé à des fins d'inspection ou de réparation et il peut servir de piston de réserve au besoin. Pour la présente étude, on s'est servi tant de pistons de 2 po (5 cm) que de pistons de 3 po (7,5 cm) de diamètre.

Les pistons et les clapets de pied destinés aux pompes Waterloo ont été fabriqués à l'Institut asiatique de technologie (AIT) à l'aide de tiges en PVC disponibles sur place. Les segments de piston et les adapteurs de clapets de pied ont été fabriqués à partir de polyéthylène fourni par le CRDI. Le piston et le clapet de pied ont été modifiés ultérieurement en fonction des résultats obtenus au cours des essais en laboratoire et sur le terrain.

Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire ont été faits au Laboratoire de technique de la construction de l'AIT dans le cas des trois pompes. Les pompes à main du DMR et de l'ARD ont été fournies par divers organismes gouvernementaux et les Waterloo ont été fabriquées à l'AIT. Les paramètres suivants étaient différents : la longueur de course du piston, le rapport entre l'orifice et le secteur du piston ainsi que la cadence de pompage.

Une plate-forme en acier de 4 m de haut a été construite et un levier mécanisé a été installé sur cette plate-forme pour faire fonctionner 12 pompes à main en même temps. Un simulateur de charge a également été fabriqué afin de vérifier le rendement des pompes à main soumises à des charges hydrauliques différentes.

Un programme de mise à l'essai poussé a été entrepris dans le cas de la pompe à main Waterloo (v. Tableau 2). Dans ce tableau, les rapports entre l'orifice et le secteur de piston qui sont de 12,5, 17,0 et 22,2 % représentent une ouverture ayant respectivement un diamètre de 3/8 po (9,5 mm), 7/16 po (11 mm) et 1/2 po (12,5 mm), de huit trous chacun, dans le secteur du piston. Pour chaque série de tests, le débit, résultant de 10 courses de piston a été mesuré à l'aide d'un sceau et d'un cylindre gradué. Le test a été fait à deux reprises et la valeur moyenne a été enregistrée. Le rendement volumétrique a été défini comme étant le débit réel divisé par le débit théorique multiplié par 100 lorsque le débit théorique est égal à la longueur de la course multipliée par la coupe transversale du cylindre.

En plus des essais portant sur le rendement des pompes à main, plusieurs autres essais ont été faits.

On a procédé à l'évaluation des propriétés mécaniques du PVC, soit la résistance à la tension, à la compression et à la fatigue. Pour les essais de traction et de compression, on s'est servi d'un appareil contrôleur de 300 kN. Pour l'essai d'endurance, on a utilisé un servopulsateur ayant une charge de 15 t.

On a procédé à des essais portant sur les fuites afin de vérifier le rendement du clapet de pied, c'est-à-dire du clapet de pied modifié qui a été installé sur le terrain.

La résistance à la tension du raccord de tuyau en PVC qui a été utilisé dans le modèle définitif en PVC a été établie pour des tuyaux de 3/4 po (2 cm) et de 3 po (7,5 cm) de diamètre. Le raccord a été fabriqué à l'aide d'un manchon en PVC.

Tableau 2. Programme d'essais de la pompe à main Waterloo.

Rapport entre l'orifice et le secteur de piston (%)	Vitesse du piston (courses/min.)	Longueur de la course du piston (pouces)[a]					
		3	4	5	6	8	10
12,5	20	X	X	X	X	X	X
17,0	30	X	X	X	X	X	X
22,0	40	X	X	X	X	X	X
	50	X	X	X	X	X	X
	60	X	X	X	X	X	X

Remarque : On a fait pour chacun des trois rapports orifice-piston, des essais portant sur chacune des combinaisons de vitesse et de course. Chaque X représente un essai particulier qui a été fait à deux reprises.
a) 1 pouce = 2,54 cm.

Résultats des essais en laboratoire

Rendement des pompes à main

L'influence de la longueur de course du piston sur le rendement volumétrique des pompes Waterloo ayant des rapports, entre l'orifice et le secteur du piston, de 12,5, 17,0 et 22,2 %, a été relevée par rapport à la vitesse du piston pour toutes les pompes. La figure 2 donne un exemple du résultat obtenu. Le diamètre du piston, le parcours du clapet de pied, le clapet de pied du piston et l'espace libre de la charge hydraulique ont été maintenus constants pendant toute la durée de ces essais. Le rendement volumétrique de la pompe augmente au fur et à mesure que la longueur de course du piston ainsi que la vitesse du piston augmentent. On a également déterminé l'influence des rapports entre l'orifice et le secteur du piston sur le rendement volumétrique de pompes Waterloo dont la course du piston était de 4, 6 et 8 pouces (10, 15 et 20 cm). La figure 3 donne les résultats dans le cas d'une course de 6 pouces (15 cm). Les résultats révèlent que, pour une course de piston de 4 pouces (10 cm), le rapport entre l'orifice et le secteur de piston a peu d'effet sur le rendement volumétrique de la pompe. Toutefois, lorsque la course du piston est plus longue, le rendement volumétrique de la pompe Waterloo augmente au fur et à mesure que le rapport entre l'orifice et le secteur du piston augmente.

On a relevé le rendement des pompes DMR et ARD dans des conditions de laboratoire. A basses vitesses de déplacement du piston, le

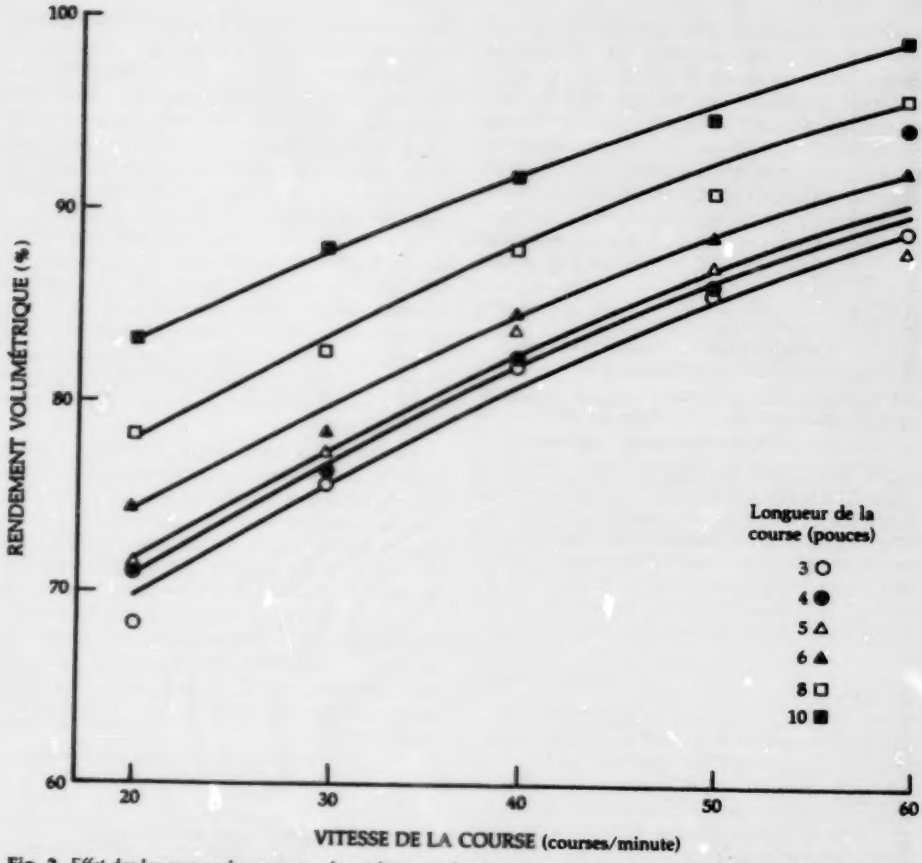


Fig. 2. *Effet des longueurs de course sur le rendement volumétrique des pompes Waterloo ayant un rapport de 12,5 % entre l'orifice et le secteur du piston. (Charge hydraulique, 15 pieds (4,57 m) ; diamètre du piston, 3 pouces (7,5 cm) ; parcours de la soupape, 0,25 pouce (0,6 cm) ; espace libre entre le piston et le clapet de pied, 12 pouces (30 cm).*

rendement volumétrique des pompes ARD était inférieur à celui des pompes DMR. Toutefois, à plus hautes vitesses, le rendement volumétrique des pompes ARD s'améliorait de façon marquée. A très hautes vitesses, le rendement volumétrique des pompes ARD était même supérieur à 100 %. Cela peut s'expliquer par le fait que, lorsque la pompe est actionnée à très haute vitesse, un supplément d'eau est pompé de la colonne montante.

On a comparé le rendement volumétrique des pompes à main existantes et celui des pompes Waterloo ayant une course de piston de 4, 6 et 10 pouces (10, 15 et 25 cm) respectivement. La figure 4 dresse la comparaison pour une course de 6 po (15 cm). A basses vitesses du piston, le rendement volumétrique de la pompe Waterloo se situait à mi-chemin entre celui de la pompe DMR et celui de la pompe ARD. Toutefois, à plus hautes vitesses, le rendement volumétrique de la pompe Waterloo était le plus faible des trois. Pour ce qui est d'une course de piston de 10 po (25 cm), le rendement des trois pompes était analogue.

Autres essais

La résistance à la tension et à la compression du PVC a été établi respectivement à 5 370 et 10 130 lb/po^2 (37 025 et 69 844 k Pascal). Au cours de l'essai d'endurance à la fatigue, les propriétés mécaniques du PVC ont été considérablement influencées par l'augmentation

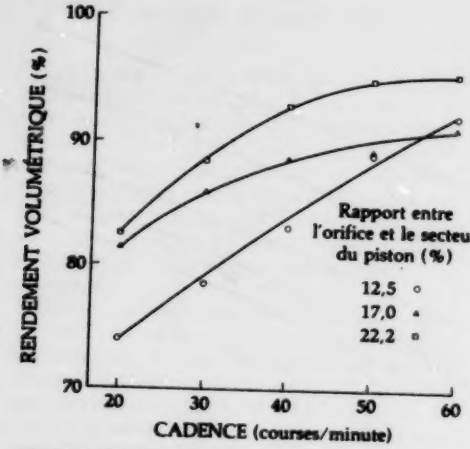


Fig. 3. *Influence du rapport entre l'orifice et le secteur du piston sur le rendement volumétrique de pompes Waterloo dont la longueur de course du piston est de 6 po (15 cm). (Charge hydraulique, 15 pieds (4,57 m) ; diamètre du piston, 3 po (7,5 cm) ; parcours de la soupape, 0,25 po (0,6 cm).)*

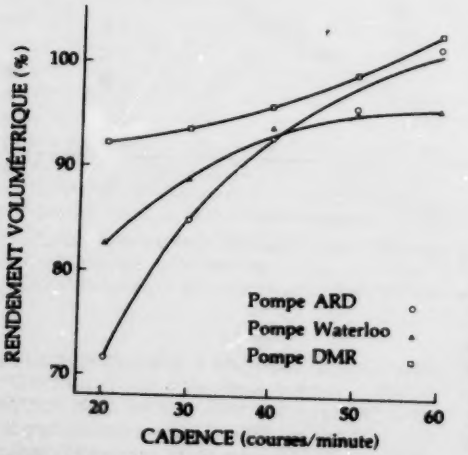


Fig. 4. *Comparaison du rendement volumétrique de différentes pompes dont le piston a une longueur de course de 6 po (15 cm).*

de température provoquée par les chargements répétés. Au cours de son fonctionnement sur le terrain, cependant, le piston en PVC n'est pas soumis à un chargement répété constant, comme celui qui était simulé par le servo-pulsateur.

Le test d'étanchéité a été fait de la façon suivante : on a rempli la colonne montante à ras bord d'eau qu'on a laissé fuir par le clapet de pied pendant une journée. Les résultats de l'essai ont révélé qu'il n'y avait aucune fuite d'eau au clapet de pied modifié pour une charge hydraulique de 5,00 m (16,4 pi). Des joints en caoutchouc et en plastique ont été mis à l'essai et on a obtenu les mêmes résultats dans les deux cas.

La variation de la résistance par rapport au temps de prise pour les raccords de tuyaux en PVC de 3 po (7,5 cm) et de 3/4 po (2 cm) a également été vérifiée. La résistance à la tension des raccords du tuyau de 3 po (7,5 cm) s'élevait à plus de 120 kg/cm^2 après 15 minutes de prise, ce que l'on peut considérer comme le temps initial de prise de l'adhésif à solvant organique.

Au cours des essais en laboratoire, il est impossible de simuler les conditions réelles d'emploi des pompes sur le terrain, en particulier lorsqu'on utilise un système de simulation de charge hydraulique. Il faut absolument tenir compte d'autres facteurs pertinents comme la qualité de l'eau qui se trouve dans le puits, la cadence de pompage ou la vitesse du piston, la direction de la force exercée sur la tige de la pompe ainsi que l'état des éléments extérieurs de la pompe. C'est pourquoi le piston et les clapets de pied Waterloo ont été contrôlés sur le terrain.

Essais sur le terrain

Les puits qui ont été choisis pour les essais sur le terrain de la pompe Waterloo étaient utilisés de façon quotidienne par les membres de la collectivité. Généralement, les puits choisis étaient munis d'une pompe DMR ou d'une pompe ARD et seuls les éléments dans le sol (cylindre, clapet de pied et piston) ont été remplacés par les éléments de la pompe Waterloo. Si les nouveaux éléments ne fonctionnaient pas aussi bien que les anciens ou si la pompe ne fonctionnait pas normalement — à cause de la substitution des éléments, les villageois devaient se tourner vers une autre source d'approvisionnement en eau et se plaignaient. Il importait donc que l'équipe de travail veille à ce que les éléments installés dans le puits fonctionnent bien. Aussi a-t-on, à la lumière des essais en laboratoire, apporté les modifications suivantes aux éléments en PVC avant que les pompes ne soient installées sur le terrain.

Modifications

Cylindre en PVC

Le cylindre proposé par l'Université de Waterloo était un tuyau de PVC ordinaire que l'on pouvait se procurer sur le marché local. Cependant, au cours des essais en laboratoire, une rupture s'est produite au raccord entre l'écrou-capuchon en acier et le cylindre en PVC. Une des solutions consistait à augmenter l'épaisseur du cylindre, mais le nouveau cylindre s'est révélé trop coûteux. On a alors opté pour un cylindre en PVC inséré dans une chemise en acier. La figure 5 donne les caractéristiques du cylindre modifié à diamètre de 3 po (7,5 cm) ainsi que de son capuchon en acier. La chemise en acier renforce les raccords supérieur et inférieur, et le cylindre en PVC devrait diminuer l'usure des segments de piston en polyéthylène.

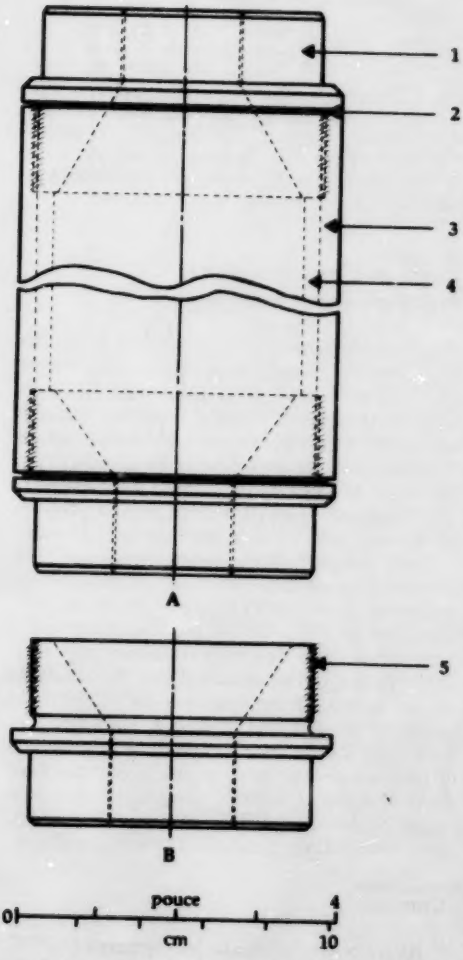


Fig. 5. *Version modifiée du cylindre de 3 po (7,5 cm) de diamètre (A) et capuchon en acier (B) : 1) capuchon en acier ; 2) joint torique en caoutchouc ; 3) chemise en acier ; 4) revêtement intérieur en PVC ; et 5) partie filetée. (Hauteur totale du cylindre : 27 po (68,6 cm).)*

Piston en PVC

On trouvera les caractéristiques du piston original à la figure 1. Des problèmes sont cependant apparus à cause de la rupture des nervures supérieures et inférieures du piston, celles-ci étant les parties les plus fragiles. Le bris était surtout causé par le cognement répété des nervures contre la paroi du cylindre qui survenait lorsque la tige de la pompe se déplaçait de façon excentrique. Pour régler le problème, on a doublé l'épaisseur des nervures supérieures et inférieures qui sont passées de 1/4 po (6 mm) à 1/2 po (12 mm). La figure 6 donne les particularités du piston modifié.

Clapet de pied

La figure 1 montre l'assemblage du clapet de pied de la pompe à main Waterloo. À l'origine, ce clapet de pied était fixé à la paroi du cylindre à l'aide d'un adapteur en polyéthylène qui s'ajustait étroitement à la paroi du cylindre. Toutefois, du fait que la surface interne du cylindre en PVC n'était pas parfaitement ronde, ni lisse, l'eau fuyait au clapet de pied. L'autre problème provenait de l'accumulation fréquente de grains de sable entre la soupape à plaques en PVC et la face supérieure du piston, ce qui avait pour effet de provoquer une autre fuite d'eau. On a d'abord tenté de régler ce problème en remplaçant l'adapteur en polyéthylène par des plaques en acier inoxydable perforées, en mettant un ressort à compression par dessus la soupape à plaques et en collant un morceau de caoutchouc mince sur la plaque en PVC.

Un problème subsistait après cette première modification. Les grains de sable emprisonnés à l'intérieur de la partie nervurée du piston provoquaient de l'usure. Pour régler ce problème, on a abandonné l'idée d'utiliser le clapet de pied comme piston de rechange. Au cours de la deuxième modification, la surface de contact entre la soupape à plaques en PVC et la plaque en acier inoxydable a été mainte-

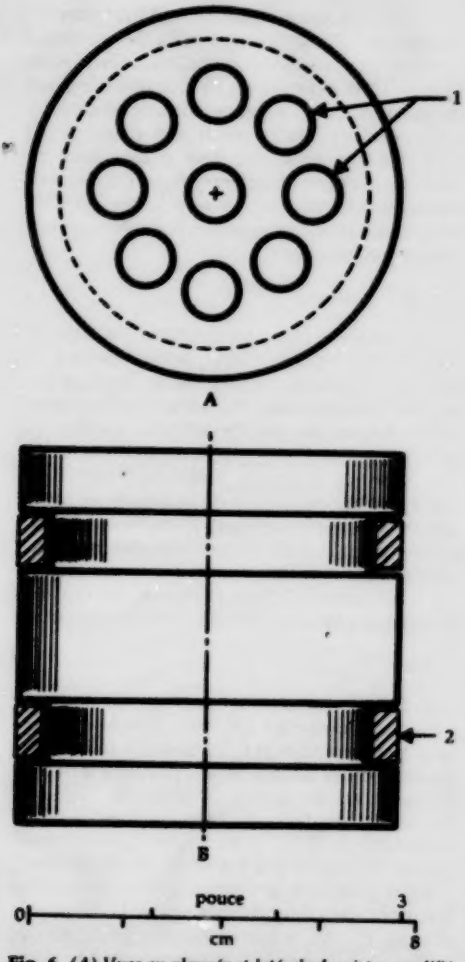


Fig. 6. *(A) Vues en plongée et latérale du piston modifié de la pompe Waterloo ; 1) trous de 7/16 po (1,11 cm) et 2) segment de piston en PVC.*

nue au minimum à l'aide de deux petits sillons. Ce clapet de pied a donné des résultats satisfaisants sur le terrain. Toutefois, afin de diminuer le coût de production, on a apporté une troisième modification en éliminant le ressort à compression et en remplaçant la soupape à plaques en PVC par une plaque en caoutchouc massif de 1/4 po (6 mm). Le parcours de la soupape à plaques en caoutchouc a été maintenu à 1/4 po (6 mm). La figure 7 montre la troisième modification du clapet de pied. Au total, 54 puits répartis dans trois régions ont été munis d'un clapet de pied de ce genre.

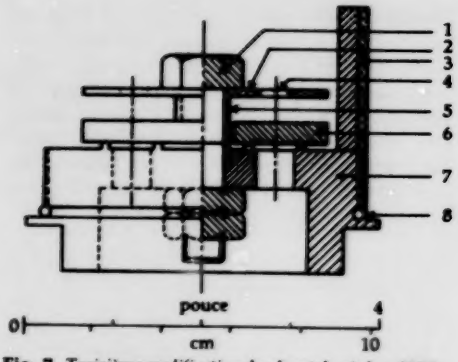


Fig. 7. *Troisième modification du clapet de pied en PVC : 1) boulon fileté ; 2) plaque en acier inoxydable ; 3) revêtement intérieur en PVC et chemise en acier ; 4) trous de 7/16 po (1,11 cm) sur diamètre primitif de 1,5 po (3,8 cm) ; guide en laiton ; 6) soupape à plaques en caoutchouc ; 7) capuchon en acier ; et 8) joint torique.*

Choix de l'emplacement et installation des pompes en PVC

Les emplacements choisis aux fins des essais sur le terrain étaient situés dans le centre, le nord-est et le nord de la Thaïlande. Les trois régions choisies se situent dans les secteurs suivants : 1) les provinces de Saraburi et de Lopburi, dans le centre de la Thaïlande ; 2) la province de Khon Kaen, dans le nord-est de la Thaïlande ; et 3) les provinces de Lamphun et de Chiang Mai, dans le nord de la Thaïlande.

Dans chaque région, 18 puits présentant des caractéristiques différentes ont été munis d'un cylindre, d'un piston et d'un clapet de pied modifiés en PVC. Un facteur important qui a présidé au choix des puits était leur fréquence d'utilisation qui se devait d'être élevée étant donné que dans certains secteurs, nombre de puits ne servent que rarement. Un autre facteur dont il a été tenu compte était la présence d'un chemin d'accès au puits. Si le puits était trop éloigné et difficile d'accès, le contrôle serait devenu fort difficile et parfois même impossible à réaliser pendant la saison des pluies.

Contrôle

Avant que l'on installe les éléments en PVC, on a mesuré les éléments hors du sol, les éléments dans le sol et le niveau hydrostatique.

La forme de la partie hors du sol de la pompe a été relevée et toutes les dimensions pertinentes des éléments ont été enregistrées.

Quant aux éléments dans le sol, l'épaisseur des segments supérieur et inférieur en polyéthylène du piston a été mesurée à l'aide d'un micromètre. Pour chaque segment, on a pris des mesures à trois endroits différents, espacés de 120°. On a relevé le diamètre du piston et le diamètre intérieur du cylindre en PVC a été mesuré à l'aide d'un palmer. L'inspection de l'assemblage du cylindre et du piston s'est faite à tous les trois mois environ.

Le niveau hydrostatique représente la distance entre la surface de l'eau (nappe phréatique) dans le puits et le dégorgeoir de la pompe. Ce niveau hydrostatique a été mesuré à l'aide d'un microphone à sonde électronique. On descend lentement un plomb de sonde rattaché à cet appareil dans le puits, par un trou pratiqué dans le corps de pompe. Lorsque le plomb touche la surface de l'eau, un son est produit de façon électronique. Le niveau hydrostatique équivaut à la longueur du fil à laquelle on ajoute la distance qui sépare le trou

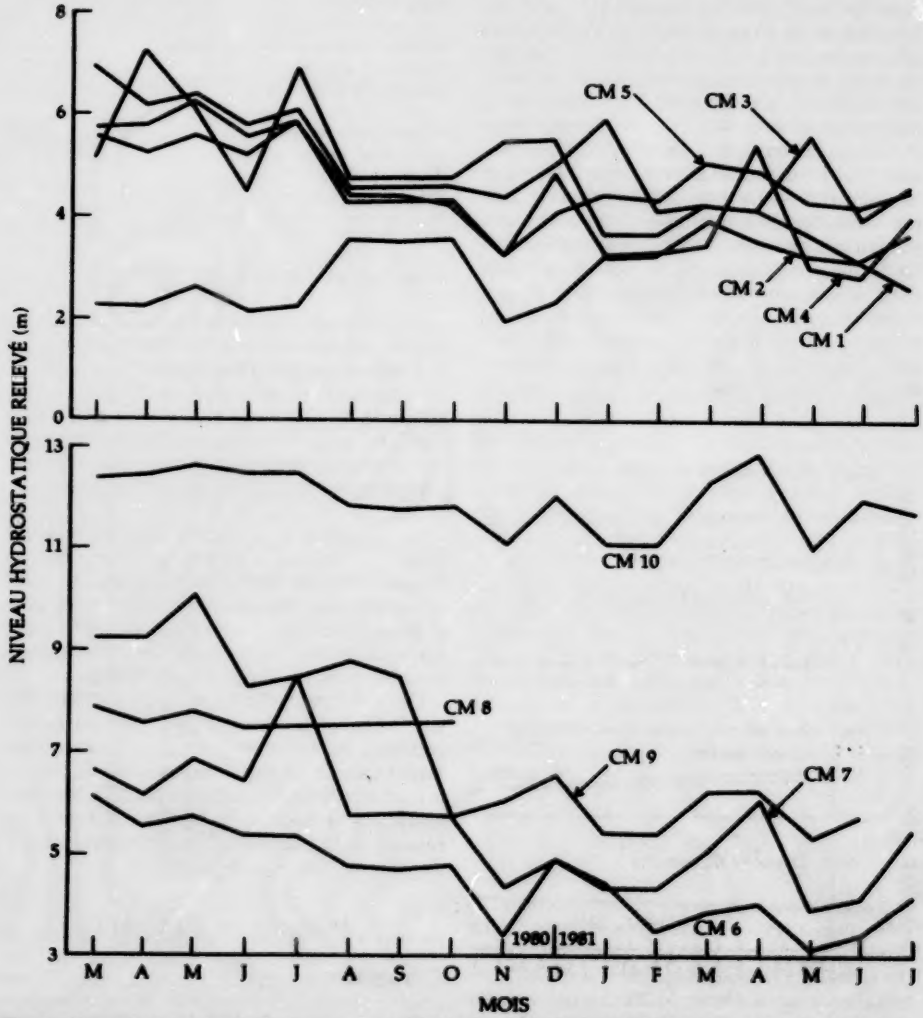


Fig. 8. *Niveau hydrostatique relevé aux puits situés dans la province de Chiang Mai (CM3-9) et de Lamphun (CM1, 2 et 10).*

du dégorgeoir de la pompe. Le niveau hydrostatique a été vérifié à tous les mois.

Après l'installation des éléments en PVC, on a vérifié le rendement de la pompe en mesurant le volume réel d'eau déchargée par 10 courses de piston. Ces données ont également été recueillies mensuellement.

Outre ces essais, on a analysé en laboratoire des échantillons d'eau tirés des puits des trois régions afin de déterminer la qualité de l'eau. C'est la Division des techniques de l'environnement qui a fait les analyses en utilisant à cette fin les méthodes courantes basées sur l'évaluation de 10 paramètres : le pH, la turbidité, la couleur, la dureté, la teneur en calcium, chlorure, nitrate, manganèse, fer et le nombre des coliformes d'origine fécale. L'indice de la qualité de l'eau a été calculé d'après deux méthodes différentes : la méthode Delphi (option 1) et la méthode de rechange WHO. Les résultats ont révélé que dans le cas de certains puits, l'indice de la qualité de l'eau était faible et qu'à ces endroits, l'eau n'était recommandable que pour des usages domestiques et non pour la consommation. Habituellement, les villageois à qui ces puits appartiennent puisent leur eau potable dans les bassins à ciel ouvert dans lesquels l'eau de pluie s'accumule pendant la saison des pluies.

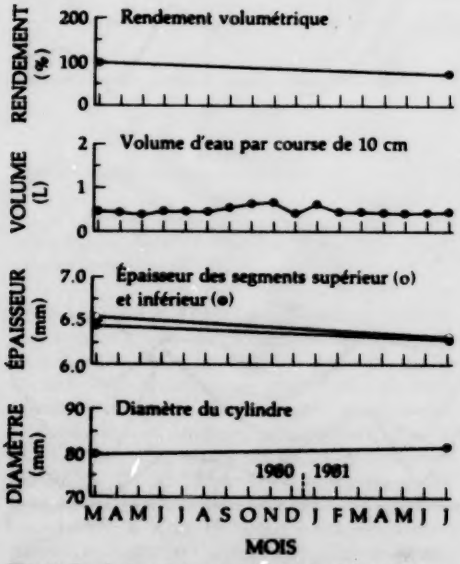


Fig. 9. *Rendement de la pompe à cylindre de 3 po (7,5 cm) dans les régions de Saraburi et de Lopburi.*

Tableau 3. Données statistiques sur les ruptures de pompe, mars 1980 à juillet 1981.

Type de rupture	Nombre de ruptures
Eléments hors du sol	
Pompes DMR	
Rupture de la tige du pivot	13
Rupture du bras	9
Relâchement du presse-étoupe	3
Rupture de l'axe de rotation	2
Usure du fer plat	2
Rupture de la douille en fer plat	2
Pompes ARD	
Avarie de l'engrenage de secteur	6
Relâchement du bras	3
Rupture du ressort	3
Rupture du dégorgeoir	1
Eléments dans le sol	
Fuite au clapet de pied	24
Rupture des joints de la tige du piston	20
Rupture de la colonne montante	2

Résultats des essais sur le terrain

Les variations du niveau hydrostatique des puits installés dans les provinces de Saraburi et de Lopburi, de Khon Kaen et de Chiang Mai et de Lamphun ont été revélées à chaque mois (v. Figure 8). Le niveau hydrostatique était plutôt élevé des mois d'octobre à décembre et bas de février à mars, périodes qui correspondent respectivement à la saison des pluies et à la saison sèche.

Le rendement volumétrique, le volume d'eau par course de 10 cm, les changements d'épaisseur des segments supérieur et inférieur du piston ainsi que les changements dans le diamètre intérieur des cylindres des 54 puits situés dans les trois régions ont été relevés à tous les mois (v. Fig. 9).

On a soigneusement compilé les rapports sur les pièces endommagées, tant en ce qui concerne les éléments hors du sol que les éléments dans le sol des pompes en PVC, depuis le moment de leur installation jusqu'à la fin des essais sur le terrain. Le tableau 3 donne un résumé de la fréquence des différentes causes de rupture des pompes.

Pompes en PVC/AIT

Conception

D'après les résultats du contrôle sur le terrain et des essais en laboratoire, on a mis au

point un modèle de pompe définitif que l'on a appelé la pompe à main en PVC/AIT. Cette pompe comporte les caractéristiques suivantes.

Une nouvelle tige de pivot, articulée aux deux extrémités par des roulements à billes, a été incorporée à ce modèle. Cette tige de pivot remplace le modèle utilisé dans la pompe DMR qui s'est brisé à plusieurs reprises, que ce soit aux raccords ou à la tige elle-même. On trouve le détail des éléments hors du sol à la figure 10.

La colonne montante est constituée d'un tuyau en PVC ordinaire de 3 pouces (7,5 cm) de diamètre et de 4 m (13,1 pi) de longueur. Cette colonne sert également de cylindre. Le piston et le clapet de pied modifiés (Fig. 6 et 7) dont il a été question plus tôt ont été incorporés à ce nouveau modèle. L'unique pièce qui n'est pas en PVC est la tige de la pompe de 7/16 po (11 cm). Au départ, on s'est servi d'un tuyau en PVC ordinaire de 3/4 po (2 cm) de diamètre, mais ce dernier n'était pas assez fort ni assez résistant pour supporter la force de pompage. Même la tige de pompe en acier s'est révélée insuffisante et on a par conséquent ajouté une pièce d'écartement au raccord de la tige de pompe pour réduire les vibrations. La figure 11 donne le détail des éléments dans le sol.

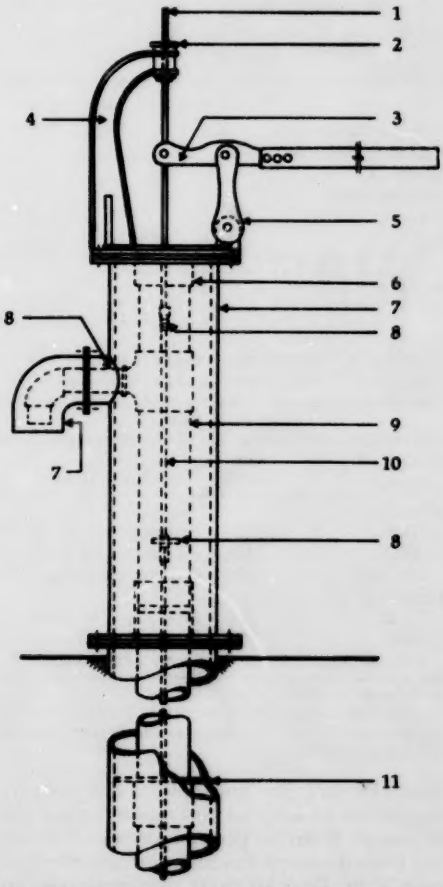


Fig. 10. *Eléments hors du sol de la pompe à main en PVC/AIT : 1) tige d'acier ronde ; 2) guide de la tige ; 3) bras ; 4) support ; 5) raccord du support de bras muni d'un roulement à billes ; 6) robinet en PVC ; 7) chemise en acier ; 8) raccord ; 9) tuyau en PVC ; 10) tige en acier ; et 11) pièce d'écartement en bois.*

À titre d'essai, trois pompes en PVC/AIT ont été installées sur des puits situés dans trois régions différentes et leur rendement a été contrôlé. L'énumération et les dimensions initiales des éléments hors du sol ainsi que le rendement de ces pompes à main entièrement en PVC sont résumés au tableau 4.

Analyse du coût

Le coût d'une pompe à main en PVC/AIT a été évalué et comparé à celui des pompes DMR et ARD (Tableau 5). Il est tenu compte de deux éléments distincts pour l'analyse du coût, soit les éléments hors du sol et les éléments dans le sol. Pour ce qui est des éléments dans le sol, on ne donne que le coût du piston et du cylindre étant donné que la longueur de la colonne montante dépend de la profondeur du puits.

Le coût des pompes DMR et ARD est basé sur la production en série tandis que le coût du système en PVC/AIT repose sur une commande unique. Le coût de la pompe en PVC/AIT pourrait par conséquent être encore réduit si cette dernière était fabriquée en série. Le coût de la pompe en PVC/AIT s'élevait à 3 100 Bahts tandis que celui des pompes DMR et ARD s'élevait respectivement à 2 800 et 3 200 Bahts.

Conclusion

Le rendement de la pompe à main Waterloo a fait l'objet de tests poussés sur le terrain et en laboratoire. Les pompes à main déjà installées en Thaïlande ont également été passées en revue et on a évalué leur rendement dans des conditions simulées. Après une observation attentive en laboratoire, les éléments dans le

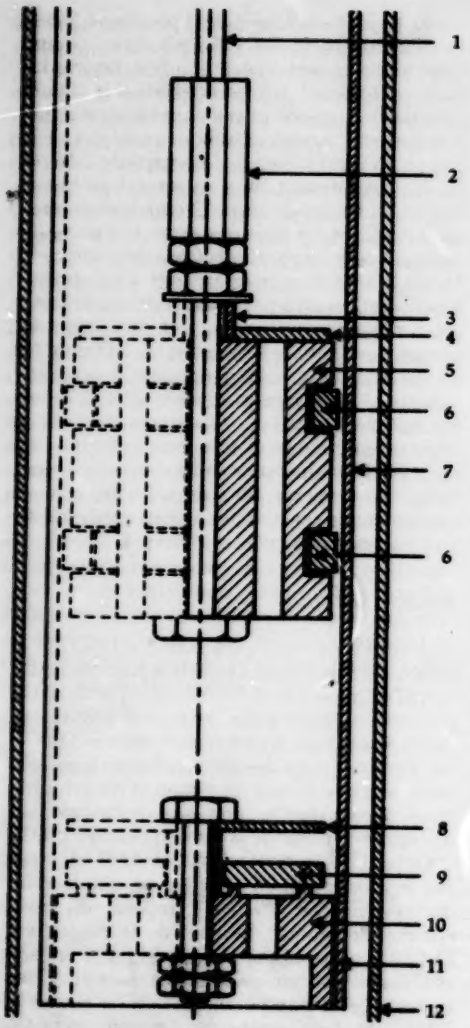


Fig. 11. *Eléments dans le sol de la pompe à main en PVC/AIT : 1) tige en acier ; 2) raccord ; 3) guide en laiton ; 4) soupape de piston en PVC ; 5) piston en PVC ; 6) segment de piston en PVC ; 7) tuyau en PVC ; 8) plaque en acier inoxydable ; 9) plaque de clapet de pied en caoutchouc ; 10) clapet de pied en PVC ; 11) colle à solvant organique ; et 12) cuvelage en acier.*

sol de la pompe W[illegible]oo ont été modifiés et installés dans 54 puits puis ils ont été contrôlés sur une période de 15 mois. À la différence des pompes à main en matières plastiques qui sont disponibles dans le commerce et qui ne sont

Tableau 4. Caractéristiques des trois pompes à main en PVC/AIT mises à l'essai sur le terrain.[a]

	N° 1	N° 2	N° 3
Date d'installation	22/8/80	15/11/80	19/11/80
Niveau hydrostatique	11,25	9,15	12,00
Rendement volumétrique (%)			
I[b]	76	78	73
F	98	91	86
Épaisseur moyenne du segment de piston (mm)			
Supérieur			
I	6,59	6,71	9,43
F	6,28	6,55	7,21
% de changement	4,40	2,38	2,96
Inférieur			
I	6,53	6,49	7,42
F	6,31	6,40	7,23
% de changement	3,37	1,39	2,56
Diamètre intérieur moyen du cylindre (mm)			
I	80,01	79,95	79,86
F	80,51	80,30	80,27
% du changement	0,64	0,43	0,42

a) 10 mm = 0,39 po ; 1 m = 3,28 pi.
b) I, à l'installation et F, à la fin de l'essai sur le terrain.

Tableau 5. Comparaison des coûts des éléments hors du sol et des éléments dans le sol des trois modèles de pompe à main utilisés en Thaïlande (décembre 1980).

Modèle de pompe	Coût (Baht)[a]	Remarques
Hors du sol		
DMR	2100	Production en série
ARD	2500	Production en série
PVC/AIT	2300	Commande unique
Dans le sol[b]		
DMR	700	Production en série
ARD	700	Production en série
PVC/AIT	800	Commande unique

a) 23 Bahts = 1 $US.
b) À l'exception des colonnes montantes. Pour ce qui est de la pompe en PVC/AIT, la colonne montante coûte environ 110 Bahts/m (33 Bahts/pi).

destinées qu'à être utilisées sur des puits de surface (de 2 à 5 m), on s'est rendu compte que la pompe Waterloo pouvait être installée sur des puits d'une profondeur pouvant aller jusqu'à 20 m. Pour les puits plus profonds, on recommande l'emploi d'un piston d'un diamètre inférieur.

En se fondant sur les résultats des essais sur le terrain et en laboratoire, on a mis au point une version modifiée que l'on a appelée la

pompe en PVC/AIT. À titre d'essai, on a installé trois de ces pompes sur le terrain et observé leur performance pendant plus de 6 mois. Ces pompes ont fourni un rendement satisfaisant et ont été appréciées par les villageois. Un des avantages que présente cette pompe réside dans l'utilisation d'une colonne montante en PVC qui joue à la fois le rôle de colonne montante et d'unité de pompage.

Les essais sur le terrain ont révélé que les pompes Waterloo nécessitaient de l'entretien et des réparations. La partie la plus faible du système de pompage était le clapet de pied qui a souvent présenté des fuites dans le cas des puits dont l'eau renferme des grains de sable. Toutefois, ces résultats ne sont pas vraiment concluants du fait qu'il n'a pas été tenu compte de la fréquence d'utilisation de la pompe dans le processus de contrôle

Ouvrages de référence

ARD (Accelerated Rural Development Office) 1980. Improvement of handpump design in Thailand. Bangkok, Thailand: Ministry of the Interior, ARD. Report published under the sponsorship of the United Nations Children's Fund, Equipment Control Division.

Kingham, J.A. 1979. Progress report on testing of IDRC prototype pumps. London, U.K.: Consumers' Association.

NIDA (National Institute of Development Administration) 1978. Evaluation on national rural water supply program. Bangkok, Thailand: NIDA, Research report under the joint sponsorship of the National Economic and Social Development Board and the United Nations Children's Fund. (En thaï)

Rudin, A. et Plumtree, A. 1978. Design for plastic handpump and well. Waterloo, Ont., Canada: University of Waterloo. Report No. 3 (Project 609-01-02).

Philippines

Antonio Bravo

Le présent rapport donne un compte rendu des essais sur le terrain de la pompe à main Waterloo qui ont été faits aux Philippines de janvier 1980 à mai 1982.

Le projet visait à atteindre les quatre objectifs suivants : 1) l'essai sur le terrain de la pompe Waterloo dans les régions rurales ; 2) la détermination de la viabilité technique de la pompe par l'évaluation de son rendement opérationnel au point de vue de rendement volumétrique, du rendement mécanique et de la facilité d'utilisation ; 3) la détermination des problèmes reliés au fonctionnement et à l'utilisation de la pompe et la présentation de solutions visant à l'amélioration de la conception et de la fiabilité de la pompe ; et 4) l'évaluation des perspectives concernant l'adoption possible de la pompe Waterloo dans le cadre du programme national d'amélioration des pompes à main.

Conformément aux spécifications fournies par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), des prototypes de la pompe Waterloo ont été fabriqués et installés à des endroits particuliers aux Philippines. Trente des pompes ont été installées à Laguna, à Cavite, à Pangasinan et à Nueva Ecija. Les endroits choisis sont représentatifs des localités rurales où l'approvisionnement en eau pose un problème et qui comptent un minimum de 10 à 20 utilisateurs.

Des visites périodiques ont été faites afin de contrôler le rendement des pompes. À l'aide d'une formule de contrôle sur laquelle se sont entendus les représentants des pays faisant partie du projet d'installation du réseau, divers paramètres ont été observés et mesurés.

Conception et construction

Éléments dans le sol

L'équipe du projet a utilisé un tuyau en chlorure de polyvinyle de 3 pouces (7,5 cm) de diamètre pour le tubage du puits, tuyau qui remplit aussi les fonctions de cylindre de pompe. Des tuyaux, d'une longueur de 10 pieds (3 m) ont été raccordés à l'aide d'un adhésif à solvant organique pour PVC et de raccords en PVC. Le diamètre extérieur du tuyau était de 88,7 mm et le diamètre intérieur de 79,26 mm. Le piston a été usiné à partir de PVC solide. On a utilisé deux segments en polyéthylène ayant chacun un diamètre de 3 pouces (76,5 mm) et une épaisseur de 5/16 pouce (7,93 mm). Le premier segment de piston (supérieur) avait 5/9 pouce (14,2 mm) de large tandis que le segment inférieur avait 0,25 pouce (6,35 mm). On a perçé huit trous de 0,25 pouce (6,35 mm) dans le piston (Fig. 1A).

L'équipe du projet a décidé d'utiliser un clapet de pied irrécupérable. À la base, le piston et le clapet de pied étaient semblables, mais les trous du clapet de pied étaient plus gros que ceux du piston (0,5 pouce ; 12,7 mm) (Fig. 1B). Le clapet de pied a donc été remodelé et, on a remplacé les deux rondelles en polyéthylène par une garniture en caoutchouc (diamètre intérieur de 2,34 pouces et diamètre extérieur de 3,5 pouces ; 59,5 et 88,9 mm).

Le clapet de pied a subi une autre modification par l'apport d'un ressort en laiton. Le siège de soupape a également été chanfreiné afin d'empêcher les grains de sable de s'infiltrer entre le clapet anti-retour et la base (Fig. 2).

Des tuyaux en PVC (diamètre extérieur de 1,06 pouce et diamètre intérieur de 0,81 pouce ; 26,8 et 20,5 mm) ont été utilisés comme tige de piston. Ces tuyaux, de 10 pieds (3 m) de longueur ont été raccordés à l'aide de manchons en PVC et d'adhésif à solvant organique pour PVC. Un filtre à tamis en PVC (d'environ 10 pieds (3 m) de long.) a été ajouté à plusieurs pompes au cours de l'installation. Ce filtre en PVC et cette fosse à sable ont été improvisés en pratiquant des fentes diagonales le long d'une section du tuyau en PVC, à l'aide d'une scie à métaux. Ces fentes d'un pouce (2,5 cm) de long ont été faites à des intervalles de 0,25 pouce (6 mm) d'un bout à l'autre du tuyau. On a coupé l'extrémité du filtre et on l'a courbée pour la rendre conique.

Éléments hors du sol

Les éléments hors du sol étaient composés d'un assemblage de bras en bois, d'une bride de fixation, d'un socle en béton et d'une plateforme en béton renforcée par des barres d'armature en acier de 0,5 pouce (1,25 cm). À

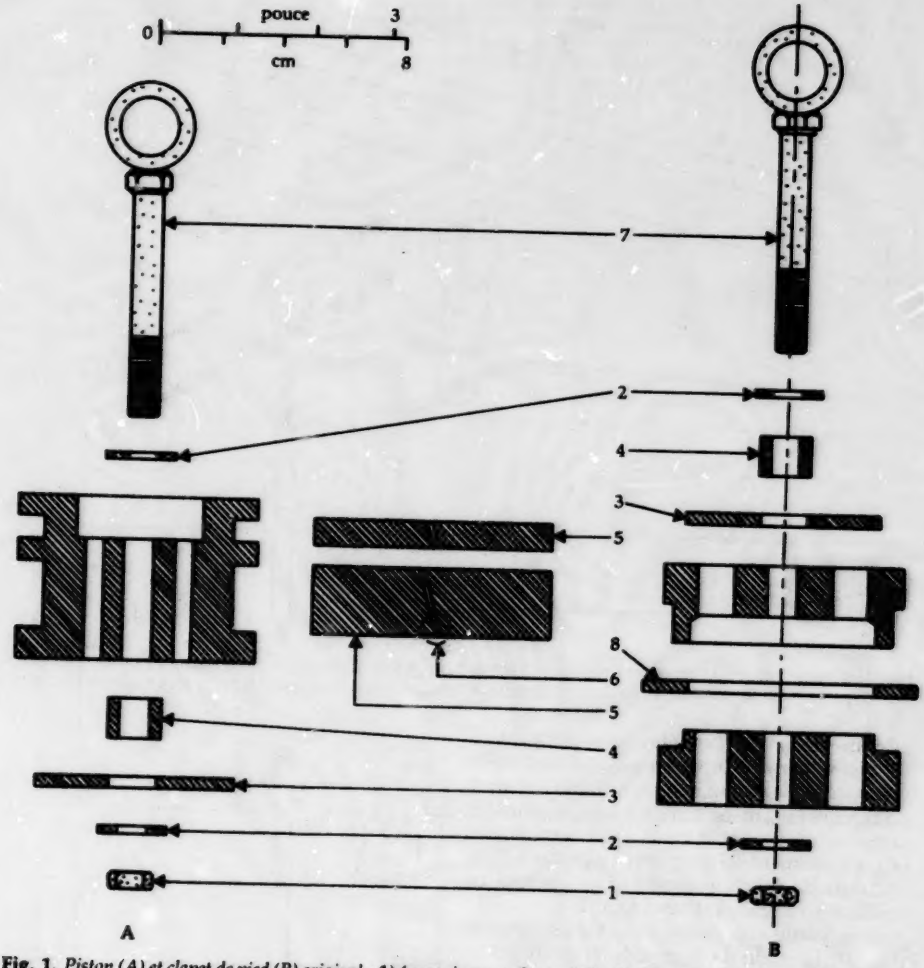


Fig. 1. *Piston (A) et clapet de pied (B) original : 1) écrou six pans ; 2) rondelle ; 3) capuchon de soupape en plastique ; 4) capuchon de soupape-guide de course ; 5) segment de piston en plastique ; 6) fente en diagonale ; 7) boulon fileté muni d'un joint torique soudé en place ; et 8) joint en caoutchouc.*

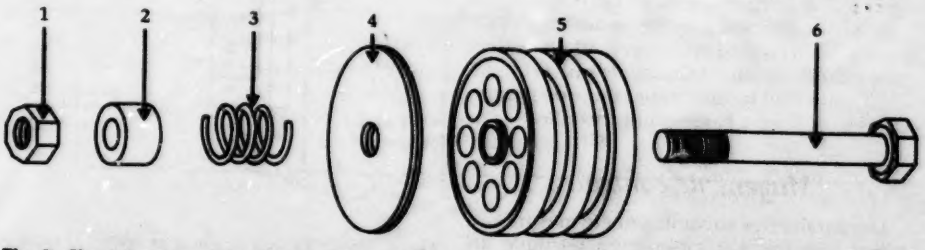


Fig. 2. *Clapet de pied modifié : 1) écrou ; 2) capuchon de soupape en laiton et glissière ; 3) ressort en laiton ; 4) clapet anti-retour ; 5) soupape en PVC ; et 6) boulon fileté.*

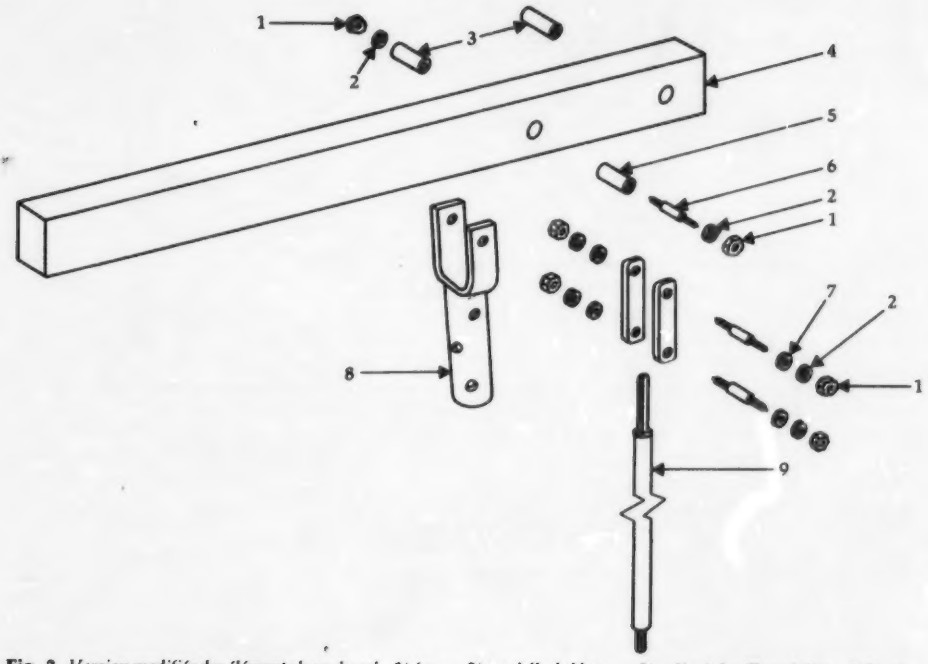


Fig. 3. *Version modifiée des éléments hors du sol : 1) écrou ; 2) rondelle de blocage ; 3) palier à douille en laiton ; 4) bras en bois ; 5) palier à douille en métal ; 6) boulon ; 7) rondelle ; 8) tuyau de support du bras ; et 9) tige en fer solide d'une pièce.*

l'origine, le bras en bois était raccordé à la tige du piston par une bride en métal. Cette bride était raccordée par un boulon à un bloc en acier dans lequel un manchon de laiton, raccordé à la tige du piston, était vissé. La conception de ce raccordement faisait plier la tige du piston en cours de fonctionnement. On a résolu ce problème en utilisant une tige de fer solide pour la partie supérieure de la tige du piston (Fig. 3). Le socle de la pompe était en béton (Fig. 4) et la plate-forme sur laquelle on a monté la pompe était constituée d'une dalle en béton de 5 × 10 pieds (1,5 × 3 m), d'une épaisseur d'environ 6 pouces (15 cm).

Le piston était fixé à la tige de pompe par un manchon de raccord en laiton dont une extrémité était vissée au boulon sur le piston tandis que l'autre était insérée dans la tige de pompe en PVC et fixée à l'aide d'une cheville.

Moyens de contrôle

Les paramètres suivants ont été mesurés au moins une fois par mois et on retrouve un résumé des résultats des relevés au tableau 1 et à la figure 5.

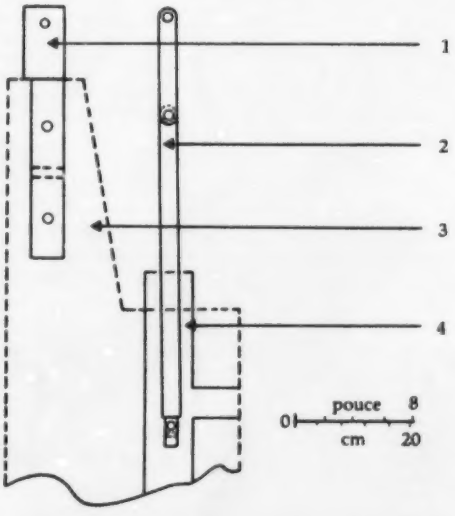


Fig. 4. *Détails du socle de pompe en béton : 1) tuyau de support du bras ; 2) barre en fer d'une pièce ; 3) béton ; et 4) tuyau galvanisé de 3 pouces (7,5 cm).*

Tableau 1. Résumé des données sur le rendement.[a,b]

Numéro de pompe	Genre	Date d'installation	Nombre d'utilisateurs	Rendement volumétrique (%)	Charge hydraulique (m)	Débit d'eau moyen (L/j)	Période de contrôle
PA_4	élévatoire	5/2/81	12	60	1,93	715	1/3/81-15/5/82
PA_5	élévatoire	1/3/81	15	64	2,63	800	1/4/81-15/5/82
NE_1	élévatoire	30/9/81	8	56	1,41	1000	30/10/81-15/5/82
NE_2	élévatoire	12/10/81	150	63	0,99	2100	15/11/81-15/5/82

a) Il n'a pas été tenu compte des temps d'arrêt dû aux pannes, à l'entretien ou aux réparations.
b) 1 m = 3,28 pieds ; 1 L = 0,22 gallon.

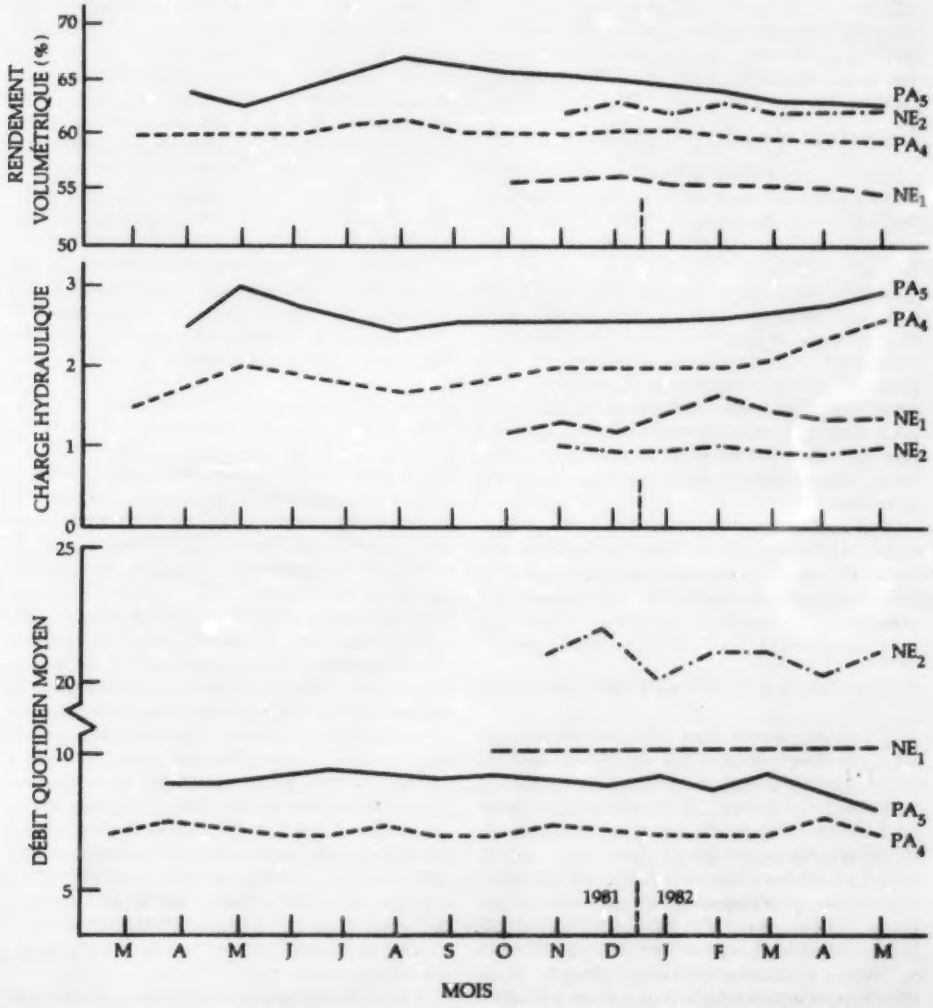


Fig. 5. *Rendement volumétrique, charge hydraulique moyenne et moyenne mensuelle du débit quotidien moyen des quatre pompes au cours de la période des essais sur le terrain.*

Le rendement volumétrique a été établi à l'aide de la méthode suivante : le nombre théorique de courses (n_{th}) nécessaires pour remplir un récipient de 20 L a été calculé à partir de la formule suivante :

$$n_{th} \text{ de courses} = v/[\pi(D^2 - d^2)/4][L/1000]$$

où : v = volume du récipient ; D = diamètre intérieur du tubage du puits ; d = diamètre extérieur de la tige du piston ; L = longueur de course.

A une cadence normale d'environ 40 courses à la minute, le même récipient de 20 L a été rempli à capacité tout en comptant le nombre réel (n_r) de courses. Le rendement volumétrique a été calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Rendement volumétrique (\%)} = (n_{th}/n_r) \times 100$$

La charge hydraulique (distance entre le niveau d'eau dans le puits et le dégorgeoir de la pompe) a été mesurée à l'aide d'une corde graduée et lestée à une extrémité par un flotteur.

Étant donné que l'on n'a pas installé de compteur pour mesurer le degré d'utilisation de la pompe, le volume total d'eau pompée a été estimé. Les surveillants au village ont enregistré le nombre quotidien de récipients de 20 L (fournis à l'emplacement de la pompe à cette fin) que les habitants du village ont pompés. On s'est servi de ce nombre comme base pour évaluer la quantité d'eau pompée par mois.

L'épaisseur des segments de piston supérieur et inférieur a été mesurée à trois endroits à tous les mois. Le degré d'usure a ensuite été déterminé à partir des mesures antérieures et actuelles.

Principaux points des conclusions

Les responsables du projet ont été en mesure d'installer 30 pompes Waterloo réparties entre plusieurs endroits : Jala Jala Islands, à Laguna (10), Cavite (9), Pangasinan (7) et Nueva Ecija (4). De ces 30 pompes, seulement 4 (13 %) ont été jugées fonctionnelles/opérationnelles et convenables à des fins de contrôle. Les autres pompes (26) ont finalement été abandonnées étant donné qu'elles présentaient un ou plusieurs des sept problèmes suivants : 1) grave problème de fuites ; 2) les utilisateurs trouvaient la pompe très difficile à manœuvrer et épuisante parce qu'il fallait beaucoup de temps pour l'amorçer et tirer de l'eau du puits. (Un utilisateur décrit ainsi avec humour la situation : « Notre sueur sort avant que l'eau ne surgisse ») ; 3) le clapet de pied était défectueux ; 4) le puits s'affaisait ; 5) les gens cessaient peu à peu d'utiliser ces pompes parce que l'eau était devenue saumâtre ou trouble (boueuse) ; 6) le piston bloquait et on ne pouvait le retirer ; et 7) le clapet de pied sortait du tubage et tombait dans le puits.

Étant donné qu'ils avaient la possibilité d'utiliser d'autres pompes déjà en place (des pompes de modèle Jet-matic et des pompes à piston plongeur), les villageois se sont finalement tournés vers ces pompes. Le prototype de pompe à main Waterloo qui a été fabriqué conformément aux devis n'a pas été aussi efficace que prévu lorsqu'on l'a mis à l'essai pour la première fois. Les observations suivantes ont été faites plus particulièrement à son sujet.

Le clapet de pied ne retenait pas l'eau de façon satisfaisante parce que : 1) le joint d'étanchéité original ou le joint (rondelle de polyéthylène) n'était pas efficace ; 2) des grains de sable se logeaient entre le clapet anti-retour en plastique et le siège de soupape ; et 3) il y avait trop de jeu entre le guide de soupape et le clapet anti-retour. Le rendement du piston se comparait à celui du clapet de pied.

Filtre

Le filtre en PVC ne fonctionnait pas bien. Cela était peut-être dû au fait que les trous du tamis étaient trop grands et laissaient passer du sable fin et du limon. L'aménagement insatisfaisant de certains puits pourrait être une autre raison.

Pour tenter de régler ces problèmes, on a apporté des modifications au modèle de clapet de pied. On a, entre autres, ajouté un ressort en laiton, utilisé un joint en caoutchouc et chanfreiné le siège de soupape afin d'empêcher les grains de sable de se glisser entre ce dernier et le clapet anti-retour. Ces modifications ont légèrement amélioré le rendement des pompes. Toutefois, on ne peut pour autant en conclure que l'amélioration du rendement découle uniquement de ces modifications plutôt qu'au fait que ces puits avaient une capacité de refoulement moindre : les quatre pompes qui étaient en état de fonctionner avaient une charge hydraulique de moins de 10 pieds (3 m).

Même lorsqu'on a essayé le modèle de clapet de pied malaisien, les problèmes techniques reliés au clapet de pied ont continué d'être la

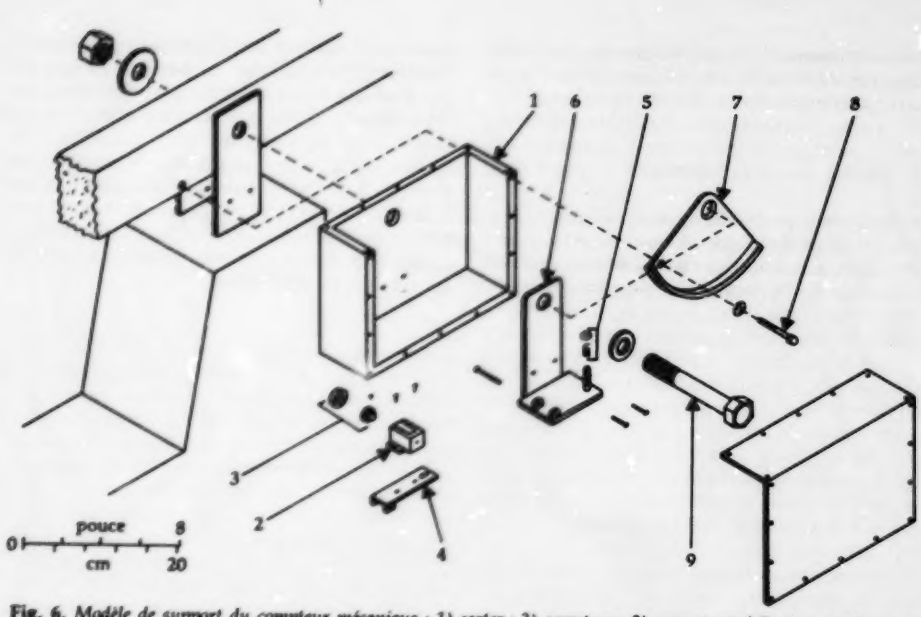


Fig. 6. *Modèle de support du compteur mécanique : 1) carter ; 2) compteur ; 3) roue et rondelle de caoutchouc du compteur ; 4) support du compteur ; 5) écrou de réglage et ressort du compteur ; 6) assemblage du guide; 7) balancier ; 8) goupille de balancier ; et 9) boulon du bras de pompe.*

cause de restrictions importantes. Une découverte intéressante qui a toujours intrigué les membres de l'équipe est le taux de fuite constaté dans tous les puits. Celui-ci s'est maintenu, même après que l'on eût installé un ressort plus fort pour le clapet anti-retour. Cela signifiait qu'il fallait entre 50 et 70 coups de pompes pour élever la colonne d'eau et provoquer l'arrivée de l'eau ; toutefois, après une courte période sans pomper, le niveau d'eau dans la colonne retombait au niveau de l'eau souterraine. Il fallait donc réamorcer la pompe. Aux endroits où la nappe phréatique est haute, comme à Aliaga, à Nueva Ecija et à Pangasinan, le processus fastidieux nécessaire à l'élévation de la colonne d'eau ne présentait pas vraiment un problème, mais dans le cas des puits profonds, par contre, cela causait un très grave problème.

L'infiltration de sable dans l'assemblage du clapet de pied pouvait être l'une des explications du problème d'infiltration. À cause de la grande puissance d'aspiration de l'assemblage du piston, on présume que l'eau, en pénétrant dans le clapet de pied, provoque une turbulence dans le réservoir, qui aurait pour effet de déloger les grains de sable qui se trouvent sur la paroi du puits. Ces grains de sable sont alors en suspension dans l'eau et sont tirés dans la colonne montante. Lorsqu'on arrête de pomper, les grains de sable se déposent et empêchent le clapet de pied de fonctionner. On a toujours trouvé du sable dans le clapet lorsqu'on l'a retiré à des fins d'inspection. La qualité de la construction du clapet de pied est un autre des facteurs envisagés. Cependant, des essais en laboratoire portant sur les fuites n'ont pas révélé qu'elle était à l'origine du problème. Ce problème reste encore à résoudre.

Compteur mécanique

Des supports ont été conçus pour recevoir un compteur permettant de mesurer le déplacement du piston. Le modèle initial consistait essentiellement d'un volant garni de caoutchouc mis en contact avec la tige du piston. Toutefois, ce modèle nuisait au mouvement du bras de pompe et partant, limitait le déplacement de la tige du piston et empêchait cette dernière d'atteindre la longueur de course souhaitée. Ce problème était attribuable aux particularités de conception des éléments hors du sol. On a abandonné ce modèle et essayé un nouveau support. Ce nouveau support était installé parallèlement au bras de pompe (Fig. 6). Même si, à priori, il semblait que ce modèle

était satisfaisant, les problèmes soulevés par les taux de fuite élevés ont empêché la poursuite de l'expérimentation de ce support.

Résumé

Malgré les problèmes graves qui sont apparus au cours de ce projet de recherche, l'idée d'utiliser des matériaux en plastique pour les éléments de la pompe n'a pas été complètement abandonnée aux Philippines. L'équipe du projet est confiante de pouvoir mettre au point une pompe à main satisfaisante pour les Philippines, si elle a la chance d'étudier de façon plus approfondie des modèles qui conviennent aux conditions locales. Des pompes à main en plastique, améliorées du point de vue technique, pourraient donc encore se révéler avantageuses pour l'installation de réseaux d'approvisionnement en eau dans les régions rurales.

Malaisie

Goh Sing Yau

La Malaisie compte environ 13 millions d'habitants dont près de 70 % habitent dans les régions rurales. Plus de la moitié des ménages ruraux n'ont pas l'eau courante. À la fin des années 60, l'Unité des techniques de l'environnement (maintenant rebaptisée Division des services techniques) du ministère de la Santé a lancé un programme visant à améliorer l'approvisionnement en eau dans les régions rurales. Le programme portait en partie sur le forage de 2 000 nouveaux puits à tubage crépiné chaque année et l'installation de pompes à main sur chacun de ces puits devant desservir entre quatre et cinq ménages chacun.

À l'heure actuelle, toutes les pompes que le ministère de la Santé installe doivent être importées. Étant donné que le niveau de la nappe phréatique est relativement élevé dans la plus grande partie des régions des basses terres en Malaisie, la plupart des pompes à main installées par le ministère de la Santé sont des pompes aspirantes, comme la Dragon, la Fuji et la Gibson. Un nombre restreint de pompes élévatoires de type Demster et India Mark II ont été installées sur les puits plus profonds, en terrain montagneux. Le ministère de la Santé s'est rendu compte que souvent, les pompes à main aspirantes ne durent guère plus d'un an. La pompe élévatoire qui coûte beaucoup plus cher que la pompe aspirante est de construction beaucoup plus robuste et dure plus longtemps. Toutefois, les pièces de rechange destinées tant aux pompes aspirantes qu'aux pompes élévatoires, et particulièrement les pièces en métal coulé, peuvent être obtenues facilement sur place. C'est ce qui a incité à la récuperation des pièces dans le but de maintenir certaines de ces pompes en opération tandis que l'on abandonnait les autres à cause du manque de pièces de rechange.

Le projet conjoint du ministère de la Santé et du Département de génie mécanique de l'Université de Malaya a été entrepris en vue de venir à bout de certaines de ces difficultés. Le principal objectif du projet consistait à mettre au point une pompe à main relativement peu coûteuse qui pouvait être produite sur place, à partir de matériaux disponibles sur place. La pompe à main devait être de conception simple pour pouvoir être entretenue par les utilisateurs du village.

Bien que les pompes à main existent depuis longtemps, de nombreuses études ont été réalisées dernièrement parce que l'on s'est rendu compte qu'elles ont encore un rôle important à jouer pour ce qui est de fournir de l'eau potable à la majorité des habitants des régions rurales des pays en voie de développement. En 1978, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) favorisait la mise au point d'une pompe à main en plastique destinée à être utilisée dans les pays en voie de développement. Les études préliminaires ont été faites à l'Université de Waterloo et des essais plus poussés ont été réalisés par la Consumers' Association, au Royaume-Uni. Parmi les principaux avantages que présente la pompe en chlorure de polyvinyle (PVC) par rapport aux autres pompes à main traditionnelles en métal coulé, on retrouve : 1) des procédés de fabrication simples du fait que les pièces en PVC peuvent être soudées ensemble à l'aide d'un adhésif à solvant organique et 2) le fait que l'entretien peut être assuré par les utilisateurs parce que le PVC est relativement léger et qu'il est plus facile de sortir l'assemblage de la pompe du puits à des fins d'inspection et d'entretien.

Étude actuelle

Les résultats signalés ici portent sur la période allant de janvier 1979 à juin 1982. La première phase du projet a duré environ un an et comportait une étude analytique et une enquête expérimentale parallèle visant à établir les paramètres pertinents en vue d'en arriver au modèle optimal de pompe à mouvement alternatif en plastique. Au cours de la deuxième phase du projet, 17 pompes à main ont été fabriquées et essayées sur le terrain dans deux régions rurales sur une période de 8 mois et demi.

Aux fins du présent rapport, il n'a pas été tenu compte des détails des recherches en laboratoire. (Goh, 1980).

La pompe à piston alternative dont il est ici question se compose essentiellement d'un tube muni de deux soupapes identiques. La

soupape inférieure (clapet de pied) est en position fixe à la base du tube et elle est immergée. La soupape supérieure (soupape de piston) est raccordée à une tige de piston qui déplace la soupape de piston en un mouvement alternatif, sur une courte distance au-dessus du clapet de pied. La figure 1 montre le cycle d'opération.

Analyse théorique

À partir d'une analyse des forces qui agissent sur la tige du piston à chaque course du cycle d'opération, on peut construire un diagramme correspondant de force-déplacement (Fig. 2). La forme rectangulaire normale du diagramme de force-déplacement est déjetée pour les raisons suivantes : 1) les délais d'ouverture de la soupape x_{12} et x_{34} correspondant aux courses 1 à 2 et 3 à 4 à la figure 1 ; 2) les forces de résistance à la pression ΔpA_p pendant les courses 2 à 3 et 4 à 1 ; et 3) les forces de frottement F_U et F_D.

La puissance absorbée pendant le cycle d'opération de la pompe est donnée par l'aire comprise dans le diagramme de force-déplacement. D'une façon générale, l'aire du diagramme de force-déplacement est donnée par l'équation suivante :

$$\oint FdL = A_p \rho g h_T L_o (1 - x/L_o) + F_T L_o + A_p \oint \Delta p dL \qquad [1]$$

où les termes qui se trouvent du côté droit (CD) représentent la puissance absorbée nécessaire : pour soulever l'eau (premier terme) ; pour vaincre les forces de frottement (deuxième terme) et pour vaincre les forces de résistance à la pression (troisième terme).

Le rendement volumétrique (η_{vol}) peut se définir comme étant le volume réel d'eau déversé par cycle d'opération divisé par le volume déplacé pendant la course d'aspiration :

$$\eta_{vol} = [(L_o - x_{12} - x_{34})A_p - V_L]/L_o A_p$$

par conséquent

$$\eta_{vol} = 1 - x/L_o - V_L/L_o A_p) \qquad [2]$$

où les termes qui se trouvent du côté droit représentent l'effet : du délai d'ouverture (deuxième terme) et la fuite au-delà du piston (troisième terme).

Le rendement volumétrique est par conséquent une mesure du gaspillage de la capacité de débit volumétrique possible. Les délais d'ouverture et les fuites au-delà du piston réduisent le rendement volumétrique.

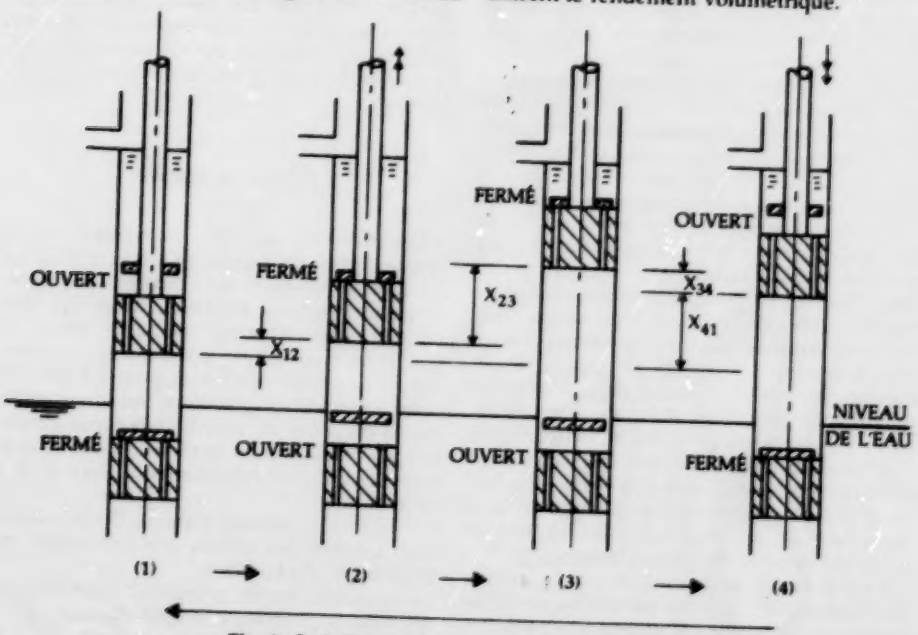


Fig. 1. *Cycle d'opération de la pompe à piston alternatif.*

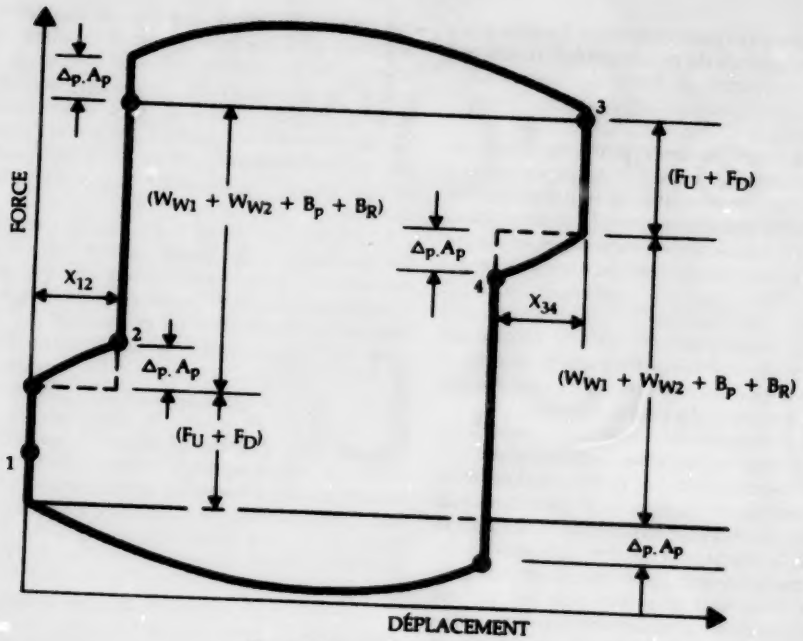


Fig. 2. *Diagramme de force-déplacement.*

Le rendement mécanique ($\eta_{méc}$) peut se définir comme étant le travail réalisé en élevant l'eau divisé par la puissance absorbée ou :

$$\eta_{méc} = \eta_{vol}\rho g L_o A_p h_T / \oint F dL$$

La substitution des équations [1] et [2] dans la présente équation donne l'équation [3] :

$$\eta_{méc} = \frac{1 - V_L/[L_o A_p (1 - x/L_o)]}{1 + [F_T/A_p + (\oint \Delta p dL)/L_o]/[\rho g h_T (1 - x/L_o)]}$$

Pour les cas limites où les fuites, le frottement et les pertes de résistance à la pression sont négligeables ($V_L = F_T = \Delta p = 0$), $\eta_{méc}$ = 100 %. À remarquer que pour les cas limites, x/L_o ne doit pas nécessairement être zéro. En d'autres mots, si les fuites, le frottement et les pertes de résistance à la pression sont négligeables, le rendement mécanique ne dépend pas du délai d'ouverture de la soupape. Le rendement mécanique constitue par conséquent une mesure du gaspillage de l'effort mécanique découlant des fuites, du frottement et des pertes de résistance à la pression.

Pour les équations [2] et [3], on a besoin de connaître les inconnues x (délai total d'ouverture de la soupape), V_L (fuite au-delà du piston), Δp (les pertes de résistance à la pression) et F_T (la force de frottement totale exercée sur le piston). Mis à part F_T qui doit être établi à partir des expériences, les autres inconnues peuvent être dérivées.

Le délai de fermeture de la soupape peut être très important si le clapet de soupape est léger ou si l'ouverture est grande ou les deux. L'ampleur du délai d'ouverture de la soupape peut être établie à partir du déplacement relatif du clapet de soupape (qui tombe sous l'effet de son propre poids) et du siège de soupape sur le piston (qui se déplace en un mouvement alternatif vertical). On peut montrer que le délai d'ouverture de la soupape est fonction du poids du clapet de soupape, de la hauteur de l'ouverture de la soupape et des fuites au-delà du piston.

Dans le modèle qui nous intéresse, le piston en PVC muni de deux segments de piston en polyéthylène glisse dans un cylindre légèrement plus grand que le piston. L'action de fermeture hydraulique est réalisée par les segments de piston qui sont en « contact » avec la paroi du cylindre grâce à une mince pellicule d'eau lubrifiante. En tenant compte de l'écoulement de l'eau dans l'étroit passage annulaire entre la surface extérieure des segments de piston et la paroi intérieure du

cylindre, on peut démontrer que les fuites au-delà des segments de piston sont données par l'équation suivante :

$$V_L = C_1 d_p h_T / N \qquad [4]$$

où C_1 est une constante pour un ensemble particulier de segments.

Les forces de résistance à la pression sont une conséquence des pertes de charge qui se produisent dans le piston et le clapet de pied et on peut les exprimer de la façon suivante :

$$\Delta p = 0{,}5 k_T \rho U_o^2 \qquad [5]$$

où k_T est le coefficient de perte de charge qui peut être déterminé à partir de la géométrie et de la vitesse de l'écoulement d'eau par les orifices du piston et du clapet de pied.

L'analyse susmentionnée n'a pas tenu compte des effets de l'accélération et du ralentissement de l'eau sur le piston ni des vibrations produites sur la tige du piston à cause de la charge d'impact survenant à la fermeture subite de la soupape du piston. On peut toutefois démontrer que l'aire du diagramme de force-déplacement n'est pas touchée par les forces d'accélération et de ralentissement étant donné que le travail exercé par l'un est annulé par le travail absorbé par l'autre. Pareillement, on peut démontrer que du fait que les vibrations produites sur la tige du piston sont légèrement amorties, la déperdition d'énergie est faible. Ainsi, cette simple analyse semble suffisante comme on peut le démontrer en comparant les prévisions avec les données des expériences pratiques.

Expérimentation

Le dispositif utilisé pour l'essai des pompes à main se composait essentiellement d'un assemblage de pompe à main élevant l'eau à une hauteur maximale de 9 m à partir d'un réservoir central à niveau constant. L'assemblage pouvait être modifié pour élever l'eau de 6 ou 3 m au besoin. L'eau amenée au dégorgeoir de la pompe était retournée au réservoir central par une conduite de retour. La pompe à main était actionnée par un moteur à courant continu de 1 hp via un engrenage réducteur et une commande par chaîne. Le mouvement rotatif du volant de commande a été transformé en mouvement alternatif vertical à l'aide d'une goupille et d'un curseur. Des trous de fixation ont été prévus à différentes distances à partir du centre du volant de commande afin de permettre de modifier la longueur de la course, au besoin. On pouvait modifier la vitesse de la course en changeant la vitesse du moteur à courant continu, ce que l'on faisait en modifiant la tension d'entrée à la bobine d'armature tout en maintenant un plein 240 V au travers de la bobine d'excitation du moteur à courant continu.

La contrainte exercée sur la tige de pompe a été mesurée à l'aide de quatre jauges de contrainte (extensomètres) sur un segment d'essai fixé à la partie supérieure de la tige de pompe. Le déplacement a été mesuré à l'aide d'un capteur potentiométrique inductif de déplacement de 25 cm relié à la goupille au niveau du curseur. Les signaux de sortie provenant de la jauge de contrainte et du capteur inductif étaient transmis à un oscilloscope à mémoire par l'intermédiaire d'un extensomètre à mesures dynamiques. On a utilisé un appareil photo Polaroid à développement instantané pour enregistrer le tracé de contrainte-déplacement sur l'écran de l'oscilloscope.

Il est important de veiller à ce que le rapport entre la force appliquée et la contrainte enregistrée soit linéaire. On peut vérifier s'il l'est à l'aide d'un contrôle d'étalonnage. Lorsque le rapport est linéaire, l'aire de la boucle de contrainte-déplacement est égale au travail par cycle. L'aire peut être déterminée par intégration mécanique à l'aide d'un planimètre.

Les figures 3 et 4 donnent un exemple de

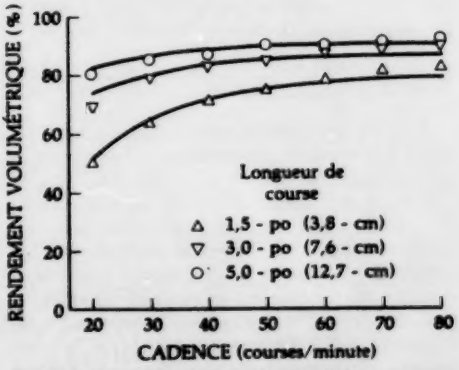


Fig. 3. *Variation du rendement volumétrique en tenant compte de la vitesse de course pour trois longueurs de course (lignes théoriques et données des expériences : ouverture de soupape, 0,113 po (2,87 mm) ; poids de la soupape, 0,029 lb (force) (13,15 g) ; rapport entre l'orifice et le piston, 16,4 % et charge hydraulique de 230 po (3,66 m).*

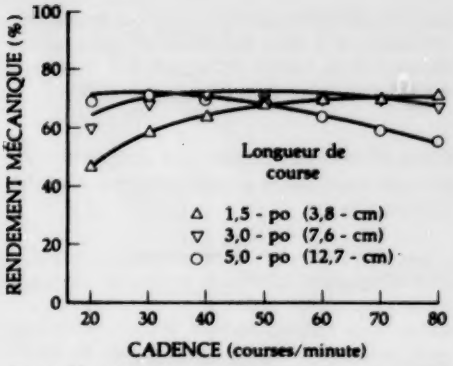


Fig. 4. *Variation du rendement mécanique en tenant compte de la vitesse de course pour trois longueurs de course (lignes théoriques et données des expériences ; ouverture de soupape, 0,113 po (2,87 mm) ; poids de la soupape, 0,029 lb (force) (13,15 g) ; rapport entre l'orifice et le piston, 16,4 % et charge hydraulique de 230 po (3,66 m).*

prévisions des rendements volumétrique et mécanique calculés à partir du modèle mathématique et des résultats des expériences provenant des enquêtes expérimentales parallèles. Si l'on pousse les comparaisons entre les prévisions et les données des expériences par rapport à une gamme de paramètres, on se rend compte que les prévisions correspondent de façon remarquable aux résultats des expériences, compte tenu du modèle simple qui a servi à la présente analyse. (Goh, 1980)

L'enquête en laboratoire a révélé que la fuite au-delà du piston, le frottement entre les segments et le cylindre de pompe et les pertes de charge dans le piston et le clapet de pied avaient un effet très marqué sur la performance de la pompe comme le démontrent les rendements volumétrique et mécanique.

Modèle optimal

Proposer un modèle optimal n'est pas chose facile étant donné que, pour des raisons pratiques, celui-ci doit être un compromis entre un certain nombre de facteurs comme la simplicité, la facilité de fabrication et le coût ainsi que des rendements volumétrique et mécanique élevés. Il est toutefois possible de faire les observations suivantes sur le modèle optimal.

Le rapport entre les aires d'ouverture dans le piston et le clapet de pied doit être assez grand pour empêcher de fortes pertes de charge à la vitesse d'opération souhaitée. Dans le cas actuel, un rapport supérieur à 15 % est satisfaisant.

La vitesse du piston, qui dépend de la longueur de course et de la vitesse de course appliquée, devrait être suffisamment grande pour maintenir un faible niveau de fuite au-delà des segments de piston. On constate qu'un garçon qui fait fonctionner une pompe à main est en mesure d'atteindre une vitesse moyenne de piston de l'ordre de 300 pouces (762 cm) à la minute, c.-à-d. une course de 5 pouces (12,7 cm) à raison de 30 courses à la minute ou une course de 3 pouces (7,62 cm), à raison de 50 courses à la minute.

La soupape doit être assez lourde pour assurer un délai de fermeture minimal au parcours de soupape particulier. Un parcours de soupape trop court a de bonnes chances d'augmenter la perte de charge dans le piston et le clapet de pied, entraînant de ce fait une diminution du rendement mécanique. Un clapet de soupape pesant entre 0,48 et 0,96 once (13,6 et 27,2 g) dont le parcours est de 0,25 pouce (0,64 cm) donne un rendement satisfaisant.

Une charge hydraulique accrue augmente les fuites au-delà des segments de piston et entraîne une diminution du rendement volumétrique. Cependant, le fait de faire fonctionner la pompe à une vitesse de piston assez élevée, en réduit l'effet de beaucoup.

Parce que l'étanchéité au piston dépend des segments de piston, de petites variations de dimensions de la hauteur libre entre le piston et le tuyau d'aspiration n'ont aucun effet sur les caractéristiques de rendement. Aucune détérioration importante du rendement n'a été relevée pour une différence pouvant aller jusqu'à 0,1575 pouce (0,4 cm) dans le diamètre du piston et le cylindre de pompe.

Étant donné que l'utilisation d'une entrée conique dans le piston et le clapet de pied n'a qu'un effet négligeable sur le rendement mécanique à des vitesses d'opération normales, on peut conserver la simplicité de l'entrée à contraction subite afin d'économiser sur le coût de fabrication. Toutefois, les trous devraient préférablement être légèrement chanfreinés au points d'entrée et de sortie.

Essais sur le terrain

Pour la conception des pompes, il y a une certaine « profondeur d'aspiration maximale » en-dessous de laquelle il n'est plus possible de

tirer l'eau par aspiration. Au-delà de cette profondeur, on doit élever l'eau soit au moyen d'une pompe élévatoire ou de quelqu'autre méthode. Il est important de faire cette distinction étant donné qu'une pompe aspirante à main est généralement plus simple et moins coûteuse qu'une pompe élévatoire.

Dans la plupart des basses terres de Malaisie, la nappe phréatique est relativement haute et il est courant de trouver de l'eau à des profondeurs souterraines qui sont inférieures à la profondeur d'aspiration maximale qui est d'environ 26 pieds (8 m). Dans les régions montagneuses et dans quelques cas exceptionnels, dans les régions de basses terres, la nappe phréatique descend parfois au-dessous de la profondeur d'aspiration maximale. En Malaisie, on a donc besoin de deux variantes du modèle de pompe de base, c.-à-d. la pompe aspirante à main et la pompe élévatoire.

Caractéristiques communes aux pompes à main aspirantes et aux pompes à main élévatoires

Les figures 5 et 6 montrent les principales caractéristiques du modèle actuel des pompes à main aspirantes et des pompes à main élévatoires. Les caractéristiques communes à ces deux pompes sont : 1) un support en acier doux ; 2) un système de levier composé de

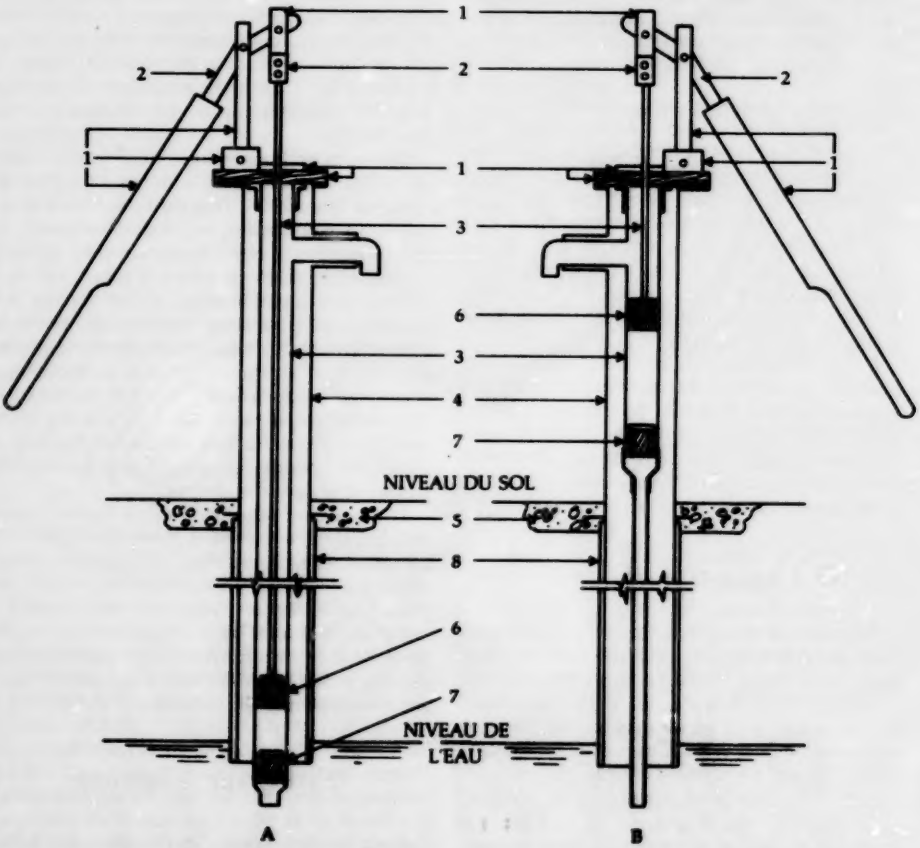


Fig. 5. *Pompe élévatoire (A) et pompe aspirante (B): 1) pièces en bois ; 2) pièces en fer galvanisé ; 3) pièces en PVC ; 4) support en acier doux ; 5) béton ; 6) piston ; 7) clapet de pied ; et 8) tuyau de revêtement.*

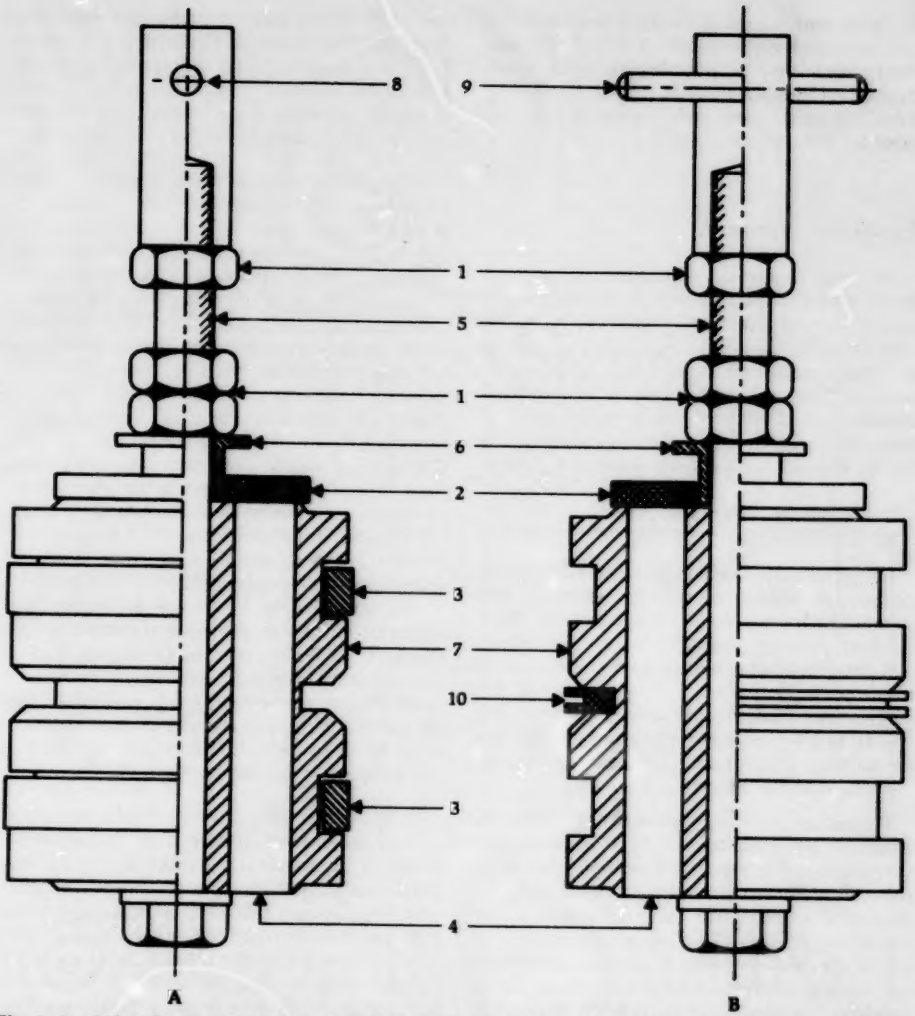


Fig. 6. *Assemblage du piston (A) et clapet de pied récupérable (B) : 1) contre-écrous ; 2) clapet de soupape (en caoutchouc naturel) ; 3) segments de piston (en polyéthylène) ; 4) six trous percés à égale distance ; 5) boulon ; 6) butée de soupape ; 7) plastique PVC ; 8) trou pour la goupille de fixation ; 9) goupille de récupération ; et 10) joint d'étanchéité en caoutchouc à rebord double.*

raccordements en bois, de raccords en fer galvanisé et de coussinets en fer galvanisé ou en bois imprégnés d'huile ; 3) un cylindre de pompe en PVC ; 4) un piston en PVC muni de deux segments en polyéthylène et 5) un clapet de pied amovible muni d'un joint en caoutchouc.

Le support en acier doux offre un support ferme pour le cylindre de pompage et le système de levier. Les raccordements en bois sont utilisés parce qu'ils sont faciles à obtenir et à remplacer. Les coussinets en bois imprégnés d'huile ont été mis à l'essai au laboratoire (Sternberg, 1978) et ont révélé des caractéristiques exceptionnelles au niveau du rendement. L'utilisation d'un piston en PVC muni de deux segments en polyéthylène inséré dans un cylindre de pompe en PVC réduit le frottement

de façon marquée sans sacrifier le rendement volumétrique élevé (Goh, 1980). L'élément fondamental en PVC pour le piston et le clapet de pied est identique, ce qui permet des économies, car on n'utilise qu'un moule à injection pour les deux pièces.

Essais sur le terrain

Au total, 12 pompes aspirantes et 5 pompes élevatoires ont été fabriquées et installées à des fins d'essais sur le terrain dans deux régions rurales en Malaisie. Le programme d'essais sur le terrain avait pour objet d'évaluer le rendement technique sur le terrain et la faisabilité économique d'adopter ces pompes sur une grande échelle dans les régions rurales de la Malaisie.

Techniques de mesure à utiliser sur le terrain

Un certain nombre de techniques de mesure utilisées en laboratoire pour déterminer le rendement technique de la pompe à piston alternatif ne peuvent être utilisées sur le terrain, soit parce que l'on a besoin de matériel électronique perfectionné ou à cause de contraintes physiques à l'emplacement de la pompe. On a mis au point plusieurs techniques et appareils de mesure simples aux fins du programme d'évaluation sur le terrain.

Profondeur du niveau phréatique Pour la méthode qui nous occupe, la différence entre la résistance électrique de l'eau et de l'air sert à détecter le niveau phréatique dans le puits. Le dispositif se compose essentiellement d'une corde à deux brins d'une longueur suffisante et d'une sonde en Perspex. La corde à deux brins est enfilée dans l'ouverture centrale de la sonde et l'extrémité des deux brins de la corde pénètrent dans deux trous latéraux et ressortent à ras de la surface de chaque côté de la sonde. La sonde est façonnée selon un angle conique total de 20° et sa surface est polie afin de faciliter le séchage rapide lorsque l'on retire la sonde de l'eau. Un appareil à mesures multiples capable de mesurer jusqu'à 300 kohms est relié à l'autre extrémité de la corde à deux brins afin de mesurer la résistance au travers des deux bornes. Lorsque les bornes sont exposées à l'air, l'appareil à mesures multiples signale que le circuit est ouvert. Lorsque les bornes sont immergées dans l'eau, l'appareil lit dans l'ordre de 200 kohms. L'appareil à mesures multiples peut signaler des modifications subtiles allant de l'infinité à 200 kohms pour des modifications de niveau d'eau de moins de 0,24 pouce (6 mm). La profondeur de la nappe phréatique par rapport au sol peut être établie d'après la longueur de la corde.

Utilisation totale de la pompe à main Pour établir une étude comparative de l'usure et de la détérioration matérielle des principaux éléments de la pompe à main, il est nécessaire de mesurer l'utilisation totale de la pompe sur le terrain, pendant la période visée. La figure 7 montre un dispositif où l'on a adapté un instrument de mesure totaliseur Veeder-Root (qui n'enregistre pas la rotation inverse) afin de mesurer le déplacement cumulatif de la tige de piston pendant la course utile. Le support est constitué d'une plaque de 0,5 pouce (1,27 cm) d'épaisseur. Après avoir percé le trou central (légèrement plus grand que la tige du piston), on coupe la plaque en deux moitiés identiques. On a besoin d'une troisième demi-plaque pour monter l'assemblage de sorte que la moitié amovible soit dégagée de la plaque supérieure de la pompe à main. Le compteur Veeder-Root est monté sur la demi-plaque amovible qui est munie d'un ressort afin d'assurer un contact continu entre le cylindre et la tige du piston. La demi-plaque fixe devrait être dégagée de la tige du piston (en tenant compte de tout balancement ou de toute inclinaison de la tige du piston pendant la course appliquée).

Puissance absorbée La méthode dont on se sert en laboratoire pour évaluer la puissance absorbée ne convient pas aux essais sur le terrain à cause des difficultés que posent le transport de plusieurs pièces de matériel électronique sensible et le maintien de celui-ci en état de fonctionnement à l'emplacement de la pompe. De plus, cette méthode nécessite un technicien de grande expérience pour prendre les mesures. Il est donc souhaitable d'avoir un instrument plus simple, plus léger et plus robuste, facilement transportable sur le terrain et qu'un technicien possédant une minimum de formation peut utiliser.

L'instrument mécanique utilisé pour évaluer la puissance absorbée à l'emplacement des essais sur le terrain se compose essentiellement : 1) de deux barres en acier, maintenues ensemble aux deux extrémités par des brides de serrage ajustables qui s'écartent l'une par rapport à l'autre lorsque la charge est appliquée au milieu des barres ; 2) un comparateur à cadran qui amplifie la déflexion des barres d'acier ; 3)

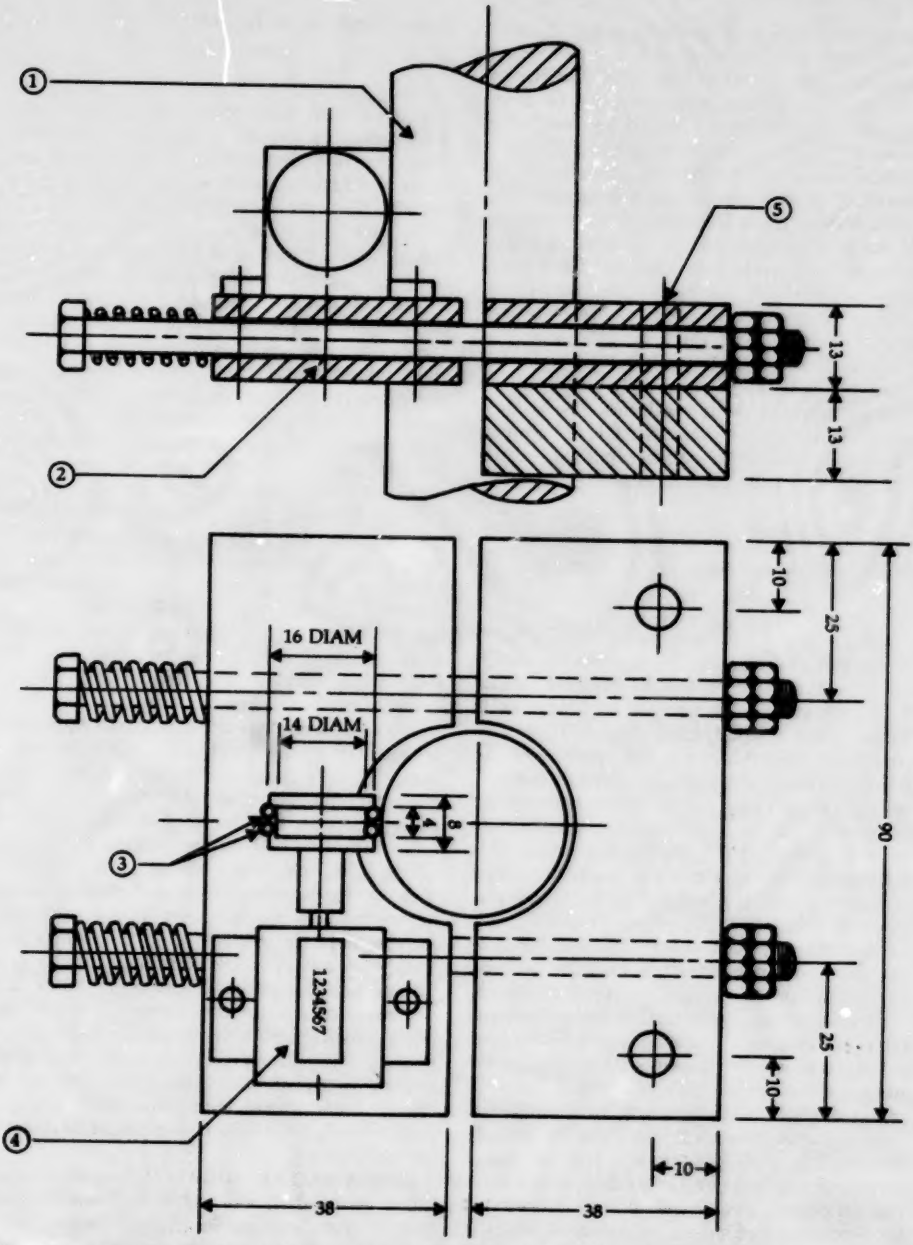


Fig. 7. *Support pour le compteur Veeder-Root (V-R) installé sur les pompes (toutes les mesures sont données en mm : 10 mm = 0,3937 pouce) : 1) tige de piston ; 2) accouplement de glissement pour permettre le déplacement latéral du compteur ; 3) deux joints toriques (13 mm (diamètre intérieur) × 2 mm (diamètre coupe transversale) (0,51 × 0,08 pouce)) ; 4) compteur emboîté avec raccordement par brides (#74-6125-001) ; et 5) vis de fixation à la plaque supérieure de la pompe à main.*

un cylindre indicateur qui fait tourner le papier à calquer au fur et à mesure que l'instrument se déplace d'une position fixe ; et 4) un crayon relié au comparateur à cadran par une corde qui est tenue raide à l'aide d'un ressort de recul. Lorsque l'on manoeuvre la pompe, la déflexion relative des barres, après avoir été amplifiée par le comparateur à cadran, entraîne le crayon à se déplacer de façon perpendiculaire à la rotation du cylindre. Le diagramme tracé sur le papier qui se trouve sur le cylindre produit une boucle de force-déplacement qui équivaut à celle que l'on obtient à l'aide de la méthode en laboratoire.

On peut modifier la portée de fonctionnement de l'instrument mécanique par rapport à la force appliquée en modifiant la distance entre les brides de serrage ajustables de façon que la longueur de déviation réelle des barres d'acier soit réduite ou augmentée.

Méthodes de contrôle sur le terrain

On a utilisé quatre séries de formules différentes pour le contrôle des pompes sur le terrain. Ce sont : 1) la *Formule K1* qui a été conçue à l'intention du personnel du ministère de la Santé pour l'inscription des lectures du compteur à des intervalles de 2 semaines ; un deuxième exemplaire de cette formule qui a été mise à jour de façon régulière, était conservé à l'Université ; 2) la *Formule A (Caractéristiques du puits et de la pompe)* qui servait à inscrire les renseignements fondamentaux sur la pompe et sur le puits. Cette formule a été remplie avant le début de la période de contrôle ; 3) la *Formule B (Feuille de données sur la visite de l'emplacement)* qui constituait la formule de base servant au contrôle sur le terrain et était divisée en quatre parties : a) le rendement mécanique (rempli à chaque visite mensuelle), b) les opérations d'entretien (inscrites au besoin), c) les mesures de l'usure (relevées deux fois par mois) et d) le compte rendu de l'utilisateur (quand c'était possible à l'occasion de la visite mensuelle) ; et 4) la *Formule C (Bris et réparations)* qui était remplie lorsqu'une pompe tombait en panne, donnait les détails concernant les réparations et les autres mesures prises.

Bien que toutes les 17 pompes à main aient été installées et aient servi pendant une période d'environ deux ans, ce n'est qu'au cours des huits derniers mois qu'elles ont fait l'objet d'un contrôle complet.

Rendement sur le terrain

Pour faciliter la comparaison entre les pompes à main, nous avons résumé au tableau 1 les données sur les 17 pompes installées. Nous avons également dressé un résumé des travaux d'entretien et des réparations qui ont été effectués sur les pompes (Tableau 2).

Les résultats ayant trait au rendement ont été compilés à partir des données provenant des essais sur le terrain pour les 17 pompes. La figure 8 donne un exemple des résultats des données touchant une pompe. Afin d'isoler l'effet de la charge hydraulique sur le rendement volumétrique, des tracés de $(1 - \eta_{vol})/h_T$ par rapport aux jours civils ont été faits pour chaque pompe (v. par exemple, Fig. 9). Il y a eu une dispersion expérimentale considérable pour les petites valeurs de $(1 - \eta_{vol})/h_T$, ce qui équivaut à des valeurs élevées de η_{vol} et à des valeurs faibles de h_T. Quant aux valeurs plus élevées de $(1 - \eta_{vol})/h_T$, les points expérimentaux ont montré une tendance plus constante. Les lignes droites passant par les points expérimentaux ont été tracées à l'aide de la méthode des moindres carrés. Dans la plupart des cas, l'expression $(1 - \eta_{vol})/h_T$ diminuait avec les jours civils, révélant que l'efficacité de l'étanchéité s'améliorait avec le temps.

Les variations de la charge hydraulique avec les jours civils ont révélé un modèle de variation identique dans chaque district, et témoignaient de la saison sèche et de la saison des pluies dans les régions respectives.

Le volume d'eau moyen pompé par jour a été calculé à partir des lectures du compteur (qui représentaient le total des déplacements du piston) et le rendement volumétrique moyen pour la période comprise entre les visites de contrôle. Le volume d'eau moyen pompé par jour variait d'une pompe à l'autre de même que pour une même pompe à des périodes différentes de l'année. Il est intéressant de remarquer que le volume d'eau moyen pompé par jour était plus élevé lorsque la charge hydraulique était plus élevée (ce qui correspondait à la saison sèche pour ce district en particulier).

Le débit total (cumulatif) a été calculé comme étant le produit du volume d'eau moyen pompé par jour et la charge hydraulique moyenne pour la période comprise entre les visites de contrôle. Le débit total variait énormément d'une pompe à l'autre, soit parce que certaines d'entre elles étaient utilisées plus que d'autres ou soit à cause de la différence de

Tableau 1. Résumé des données sur le rendement.[a]

Numéro de la pompe	Modèle[b]	Date d'installation	Nombre d'utilisateurs (pers.)	Rendement %		Charge hydraulique (m)	Débit d'eau moyen (L/jour)	Temps d'arrêt (jours)	Entretien et réparations		Période de contrôle
				η_{vol}	η_{mec}				Pièces ($US)	Main-d'œuvre (heures)	
PK 001S	A	19/11/80	50	95,0	—	2,6	381,0	0	9,40	0,50	6/7/81 - 16/3/82
PK 002S	A	18/11/80	40	98,0	—	2,4	58,9	0	0,26	0,50	6/7/81 - 16/3/82
PK 003S	A	19/11/80	40	95,0	—	2,8	93,8	0	—	—	7/7/81 - 16/3/82
PK 004L	E	2/12/80	30	89,0	—	2,5	502,7	0	—	—	7/7/81 - 17/3/82
PK 005L	E	2/12/80	50	98,0	—	2,7	186,2	0	8,45	1,50	7/7/81 - 17/3/82
PK 006S2	A	3/2/81	40	84,0	—	3,5	217,6	60	—	2,50	7/7/81 - 17/3/82
NS 001S	A	6/7/80	25[c]	83,5	59,6	3,7	487,5	3	—	0,50	25/6/81 - 7/4/82
NS 002S	A	6/7/80	25[c]	93,7	59,1	3,7	133,5	0	—	—	25/6/81 - 12/4/82
NS 003L	E	24/7/80	25[c]	92,0	—	9,2	152,2	4	0,50	3,00	29/7/81 - 19/4/82
NS 004S	A	24/7/80	25[c]	79,2	64,0	7,0	85,2	0	—	—	29/7/81 - 14/4/82
NS 005S	A	28/7/80	25[c]	84,4	62,2	6,9	59,9	0	—	—	11/8/81 - 19/4/82
NS 006S	A	28/7/80	31	81,7	65,0	4,9	351,3	0	9,40	0,17	17/6/81 - 12/4/82
NS 007PS	AF	18/9/80	40	75,0	—	4,9	524,0	1	10,50	2,75	17/6/81 - 9/4/82
NS 008PL	FE	25/9/80	50[c]	90,0	—	5,4	826,8	0	7,80	3,00	22/7/81 - 9/4/82
NS 009L	E	2/10/80	15[c]	70,5	65,2	7,6	242,6	10	0,75	21,75	21/10/81 - 16/4/82
NS 010S	A	9/10/80	50[c]	95,0	70,4	4,6	718,2	0	—	—	15/6/81 - 7/4/82
NS 011PS	AS	16/10/80	35[c]	79,0	—	5,8	506,0	4	12,00	7,50	20/7/81 - 14/4/82

a) 1 m = 3,28 pieds ; 1 L = 0,22 gallon.
b) A, aspirante, E, élévatoire; AF, aspirante-foulante; FE, foulante-élévatoire.
c) On indique le nombre de ménages au lieu du nombre d'utilisateurs. On évalue à 5 le nombre de personnes par ménage.

Tableau 2. Résumé de l'entretien et des réparations des pompes installées à Perak (PK) et Negri Sembilan (NS).

Numéro de la pompe	Date d'installation	Date de l'entretien	Temps d'arrêt (jours)	Description	Coût des pièces de rechange ($US)	Temps nécessaire (heures)
PK 001S	19/11/80	27/1/81	0	Remplacement du dégorgeoir en PVC brisé	9,40	0,50
PK 002S	18/11/80	27/1/81	0	Clapet de pied qui coule remplacé par un clapet de soupape en caoutchouc Linard	0,26	0,50
PK 003S	19/11/80	—	0	Aucune	—	—
PK 004L	2/12/80	27/1/81	0	Couvercle en bois fendu, mais aucune mesure n'est prise	—	—
PK 005L	2/12/80	10/9/81	0	Pivot trop lâche, resserré	—	—
				Boulon du piston cassé pendant le démontage, remplacé	8,45	0,50
				Tige de piston en PVC fissurée au trou de cheville en laiton ; on a changé le trou de place	—	1,00
PK 006S2	3/2/81	7/7/81	60	Nombreux problèmes causés par le manque d'eau dans le puits ; remplacement de la pompe élévatoire par une pompe aspirante	—	2,00
		10/9/81	0	Bras/base du pivot trop serré, rajusté	—	0,50
		10/9/81	0	Pièce du couvercle en bois fendue, mais non remplacée	—	—
NS 001S	6/7/80	30/9/81	0	Nettoyage du piston et du clapet de pied pour enlever la rouille	—	0,50
		3/2/81	3	Orifice d'amorçage mal fermé	—	—
NS 002S	6/7/80	—	0	Aucune	—	—

NS 003L	24/7/80	28/9/81	4	Tige du piston brisée au niveau du joint d'emboîtement	0,50	3,00
NS 004S	24/7/80	—	0	Aucune	—	—
NS 005S	24/7/80	—	0	Aucune	—	—
NS 006S	28/7/80	25/11/81	0	Dégorgeoir manquant	9,40	0,17
NS 007PS	18/9/80	20/2/81	1	Boulon de raccordement du piston en laiton cassé et remplacé par une pièce en acier doux (chromé)	6,00	2,00
		23/4/81	0	Boulon en laiton du clapet de pied brisé	4,50	0,50
		17/6/81	0	Bras/base de pivot en bois lâche, resserré	—	0,25
NS 008PL	25/9/80	20/2/81	0	Remplacement du boulon de raccordement en laiton par une pièce en acier doux (aucun signe de bris)	6,00	1,00
		19/3/81	0	Joint de charnière en laiton très usé ; élimination de la charnière de ce modèle	—	1,75
		30/9/81	0	Bras de pivot en bois fendu	1,80	0,25
NS 009L	2/10/80	19/12/80	0	Remplacement du clapet de pied qui coule par un clapet de soupape en caoutchouc Linard	0,25	6,75
		9/6/81	10	Bris de la tige de piston en PVC	0,50	15,00
		19/8/81	0	Écrous du pivot en bois relâchés à cause de l'usure du bois, resserrés	—	—
NS 010S	9/10/80	—	0	Aucune	—	—
NS 011PS	16/10/80	21/1/81	1	Boulon de raccordement en laiton brisé, remplacé	6,00	2,00
		13/2/81	3	Remplacement de la même pièce qui s'est brisée de nouveau	6,00	3,00
		20/2/81	0	Remplacement de la pièce susmentionnée par une pièce en acier doux	—	2,50

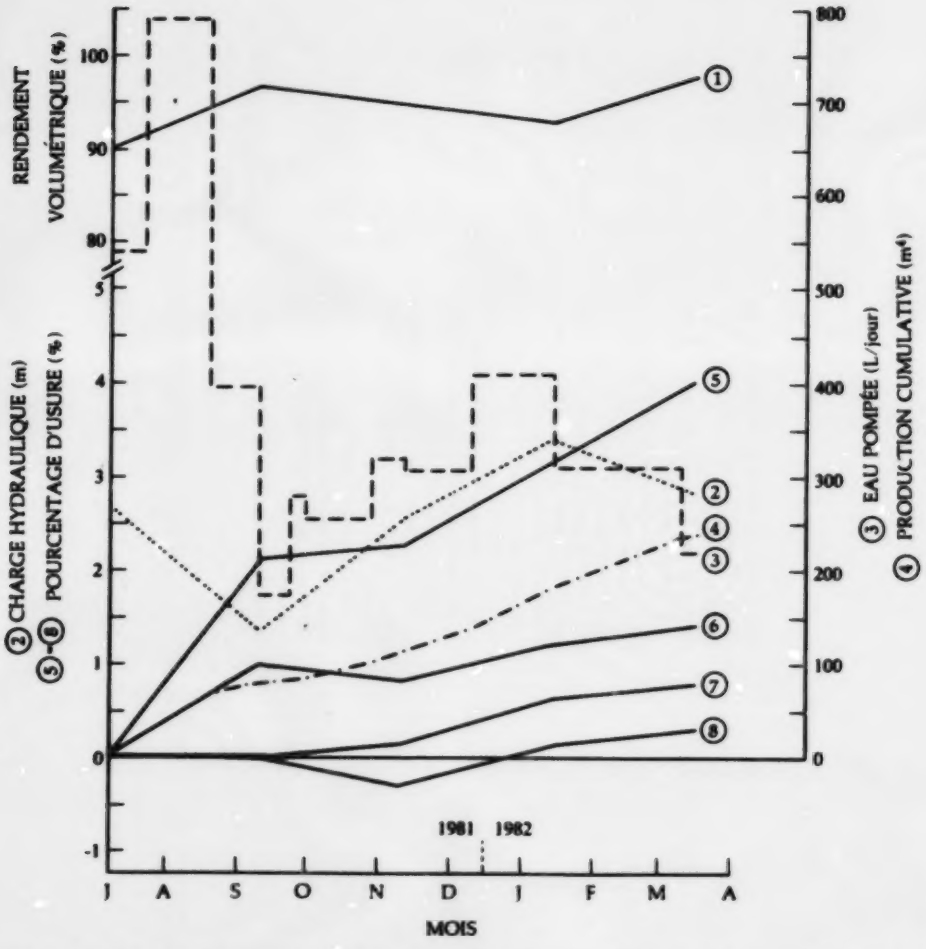


Fig. 8. *Caractéristiques de rendement de la pompe à main PK 001S au cours des essais sur le terrain : 1) rendement volumétrique ; 2) charge hydraulique ; 3) eau pompée par jour ; 4) débit (total) cumulatif (m^4 = m^3 (volume) × m (élevé)) ; 5) pourcentage d'usure de la douille supérieure en bois (0°) ; 6) pourcentage d'usure de la douille inférieure en bois (90°) ; 7) pourcentage d'usure du segment de piston supérieur ; et 8) pourcentage d'usure du segment de piston inférieur.*

charge hydraulique. On pourrait s'attendre à ce que l'usure normale des pompes à main dépende plus de débit total que du nombre de jours civils d'utilisation.

Usure

Bien que les mesures de l'usure aient été faites sur un certain nombre d'éléments, on a relevé une usure importante que sur les éléments suivants : 1) la douille supérieure en bois de la tige du piston ; 2) les segments de piston ; 3) le cylindre de pompe et 4) les chevilles en laiton utilisées pour les assemblages par cheville de la tige du piston. On n'a toutefois pas mesuré l'usure des chevilles en laiton. Les mesures de l'usure sur le terrain n'ont pas toujours été prises dans des conditions idéales et certaines de ces mesures, en particulier celles portant sur les éléments présentant très peu d'usure, sont décidément erronées comme l'indiquent des lectures d'usure néga-

tives. Toutefois, lorsque l'usure devient importante, des tendances pertinentes peuvent être observées.

Usure du diamètre intérieur de la douille en bois supérieure L'usure du diamètre intérieur de la douille supérieure en bois qui supporte la tige de piston a été calculée sous forme de pourcentage à partir de la formule suivante : (diamètre mesuré − diamètre original) × 100/ (diamètre original). La position angulaire de l'orifice a été définie comme étant $\theta = 0°$ pour le diamètre dans le plan du levier et $\theta = 90°$ pour le diamètre perpendiculaire à ce dernier. L'usure dans le diamètre intérieur de la douille en bois a été relevée par rapport aux jours civils

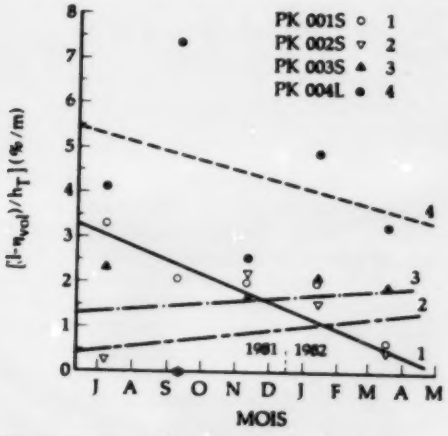


Fig. 9. *Variation de $(L - \eta_{vol})/h_T$ par rapport aux jours civils dans le cas de quatre pompes.*

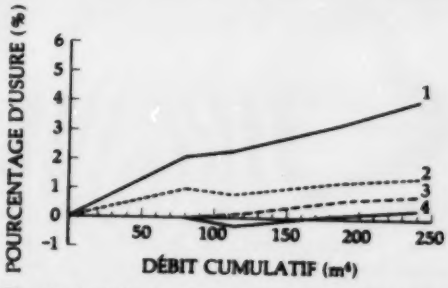


Fig. 10. *Variation de l'usure par rapport au débit (total) cumulatif pour la pompe PK 001S : 1) douille supérieure en bois (0°) ; 2) douille inférieure en bois (90°) ; 3) segment de piston supérieur ; et 4) segment de piston inférieur.*

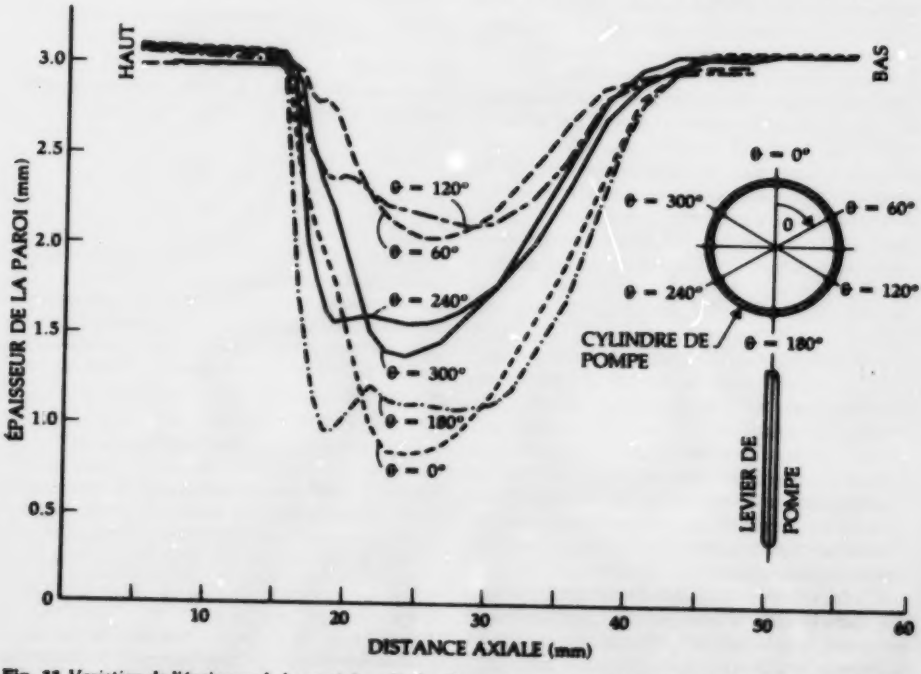


Fig. 11. *Variation de l'épaisseur de la paroi du cylindre de pompe par rapport à la distance axiale (pompe NS 0105).*

et par rapport au débit total (Fig. 10). Comme prévu, l'usure reposait plus sur le débit total que sur la période visée (durée calendaire). L'importance de l'usure variait également d'une pompe à l'autre, non seulement en fonction du débit total, mais aussi de l'humidité de la douille en bois et du jeu dans le système de levier. Il n'était pas surprenant non plus que l'usure dans le plan du levier ($\theta = 0°$) ait été plus importante que celle qui lui était perpendiculaire ($\theta = 90°$).

Usure des segments de piston L'usure des segments de piston en polyéthylène de forte densité a été calculée sous forme de pourcentage à partir de la formule suivante : (épaisseur originale − épaisseur mesurée) × 100 (épaisseur originale). L'usure des segments de piston a également été relevée par rapport à la durée calendaire et au débit total. Encore une fois, l'usure est davantage fonction du débit total que du nombre de jours civils compris dans la période visée. L'usure moyenne totale des segments de piston sur une période de 8 mois et demi était de l'ordre de 4 %.

Usure de la section de pompage du cylindre de la pompe à main A la fin des essais sur le terrain, le cylindre de pompe en PVC a été remplacé par un nouveau cylindre. Le cylindre original a été coupé en deux parties le long de son axe cylindrique et l'épaisseur de la paroi a été mesurée en laboratoire. La figure 11 montre la variation de l'épaisseur de la paroi de la section de pompage du cylindre en PVC d'une pompe à main qui avait été utilisée sur le terrain pendant une période d'environ 2 ans. L'usure était très importante et s'était étendue, dans ce cas, à près des deux tiers de l'épaisseur de la paroi originale du cylindre de la pompe à main. Dans ce modèle, des segments de piston en polyéthylène de haute densité ont été utilisés et les résultats susmentionnés indiquent que le cylindre en PVC connaît une mesure plus grande que les segments de piston en polyéthylène, ce qui démontre que le choix original de matériaux n'était pas satisfaisant. Étant donné qu'il est plus facile et plus économique de remplacer les segments de piston que le cylindre de pompage, il est souhaitable d'avoir un dispositif dans lequel les segments de piston s'usent alors que le cylindre de pompage est plus résistant à l'usure.

Un membre de l'équipe de projet a démontré, dans le cadre d'une enquête expérimentale en cours, que le polyéthylène de faible densité s'use environ 10 fois plus vite que le polyéthylène à haute densité lorsqu'il frotte contre le PVC dans l'eau claire. Toutefois, jusqu'à ce que l'on ait effectué d'autres essais pour déterminer si des segments de piston fabriqués à partir de polyéthylène de faible densité ou d'un autre matériau peuvent réduire de façon marquée l'usure qui se produit dans le cylindre en PVC sur le terrain, une solution temporaire à ce problème d'usure du cylindre consiste à monter le piston à une nouvelle section, pas encore usée, du cylindre de pompage, après une utilisation de 2 ans.

Conclusions

Après une utilisation d'environ 2 ans sur le terrain, à l'exception de l'usure importante du cylindre de pompage en PVC, la pompe à main du modèle dont il est question ici, semble avoir résisté à l'usure normale de l'utilisation quotidienne et ne nécessiter qu'un entretien et des réparations mineurs. Un entretien régulier est nécessaire à tous les deux ans, que ce soit pour remplacer la section usée du cylindre ou pour monter le piston à une section qui n'est pas usée de ce cylindre.

Du fait que les principaux éléments de cette pompe sont en matières plastiques, l'utilisation du moulage par injection présente une perspective intéressante pour ce qui est de réduire les coûts de production de la pompe à main en série.

Remerciements Nous tenons à remercier le Centre de recherches pour le développement international de l'appui financier qu'il a apporté au présent projet. L'auteur tient de plus à remercier les membres du personnel du ministère local de la Santé à Ipoh, à Seremban et à Kuala Pilah qui ont collaboré à l'installation des pompes et à leur contrôle au cours de la période d'essais sur le terrain. Enfin, nous tenons à signifier notre reconnaissance aux villageois qui ont utilisé les pompes, pour la patience et la tolérance dont ils ont fait preuve pendant les essais sur le terrain.

Ouvrages de référence

Goh, S.Y. 1980. The performance characteristics of a reciprocating piston water lift pump. Ottawa, Ont., Canada : International Development Research Centre. Interim progress report, Water pumping technology — Global project.

Sternberg, Y. 1978. Testing of wood bearing for handpumps. Washington, DC, USA : International Bank for Reconstruction and Development. Research Working Paper Series, P.U. Report No. RES 13.

Aperçu du rendement technique

Goh Sing Yau

Après les essais en laboratoire de la Consumers' Association, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) a accepté un modèle proposé d'élément de pompage muni d'un piston et d'un clapet de pied pour les essais, sur le réseau asiatique de pompes à main.

Mise au point d'un modèle pour le CRDI

L'assemblage du piston se compose essentiellement d'un piston en chlorure de polyvinyle (PVC) muni de deux segments en polyéthylène (v. Fig. 1A). Des essais en laboratoire ont été réalisés en Malaisie et en Thaïlande afin d'établir les valeurs critiques : 1) des rapports entre l'orifice et le secteur du piston et entre l'orifice et le secteur du clapet de pied ; 2) le poids de la soupape ; 3) le parcours de la soupape ; 4) la longueur de course ; et 5) la cadence de la course nécessaire pour obtenir un rendement optimal qui se caractérise par des rendements volumétrique et mécanique élevés. Les résultats des essais en laboratoire ont été incorporés aux versions modifiées du piston (v. Fig. 6 du document relatif à la Malaisie, p. 49).

Les essais initiaux en laboratoire et sur le terrain auxquels le clapet de pied (v. Fig. 1) a été soumis en Thaïlande, à Sri Lanka et aux Philippines ont démontré que les joints de cuvette n'offraient pas une étanchéité efficace et qu'ils fuyaient de façon exagérée. Afin de résoudre ce problème, on a utilisé un clapet de pied inamovible (v. Fig. 7 du document relatif à la Thaïlande, p. 30) soudé au moyen d'adhésif à solvant organique ou boulonné au cylindre de pompe. Par la suite, un joint d'étanchéité en caoutchouc à rebord double devant être utilisé dans un clapet de pied amovible (v. Fig. 6 du document sur la Malaisie, p. 49) a été mis au point par le groupe de Malaisie en remplacement du joint de cuvette de polyéthylène.

Le modèle original du CRDI prévoyait l'utilisation d'un clapet de soupape en PVC ou en polyéthylène. L'utilisation de ces clapets de soupape a provoqué des fuites exagérées, particulièrement, au clapet de pied. La première modification apportée par la Thaïlande a été d'utiliser un disque en caoutchouc sur lequel on avait collé une plaque de fixation en laiton. Afin d'empêcher l'accumulation de sable au siège de soupape, des rebords surélevés ont été coupés sur le siège de soupape. Le joint pouvait être encore amélioré à l'aide d'un ressort servant à presser le clapet de soupape sur le siège. Toutefois, les essais en laboratoire effectués en Malaisie ont révélé que le clapet de soupape à ressort augmentait de façon marquée la présence absorbée et diminuait par conséquent le rendement mécanique.

Après plusieurs mois, on s'est rendu compte que la plaque de fixation en laiton qui était collée se détachait du disque en caoutchouc. Une nouvelle modification a par la suite été apportée avec succès en Thaïlande où l'on a remplacé l'ancien modèle de clapet de soupape par un disque en caoutchouc simple de 0,25 pouce (0,64 cm) d'épaisseur, sans plaque de fixation ni ressort. Cette modification a également fait ses preuves dans le projet malaisien.

À Sri Lanka, où l'on avait de la difficulté à se procurer des tiges en polyéthylène, on a utilisé des joints de cuvette en cuir au lieu de rondelles et de joints de cuvette en polyéthylène.

Mise au point des éléments hors du sol

Des éléments hors du sol présentant des caractéristiques différentes ont été utilisés dans les quatre pays ; on en trouve un résumé au tableau 1.

Le socle en béton qui a été adopté par les Philippines semble constituer une solution de rechange simple et économique au support de pompe traditionnel.

Les bras de levier en bois (utilisés en Malaisie et aux Philippines) et les supports en bois/fer galvanisé (utilisés dans le modèle L3 à Sri Lanka et en Malaisie) se sont révélés pratiques et durables. Lorsqu'on peut trouver du bois à bon prix, le choix d'éléments en bois s'impose de lui-même. L'utilisation d'éléments en bois

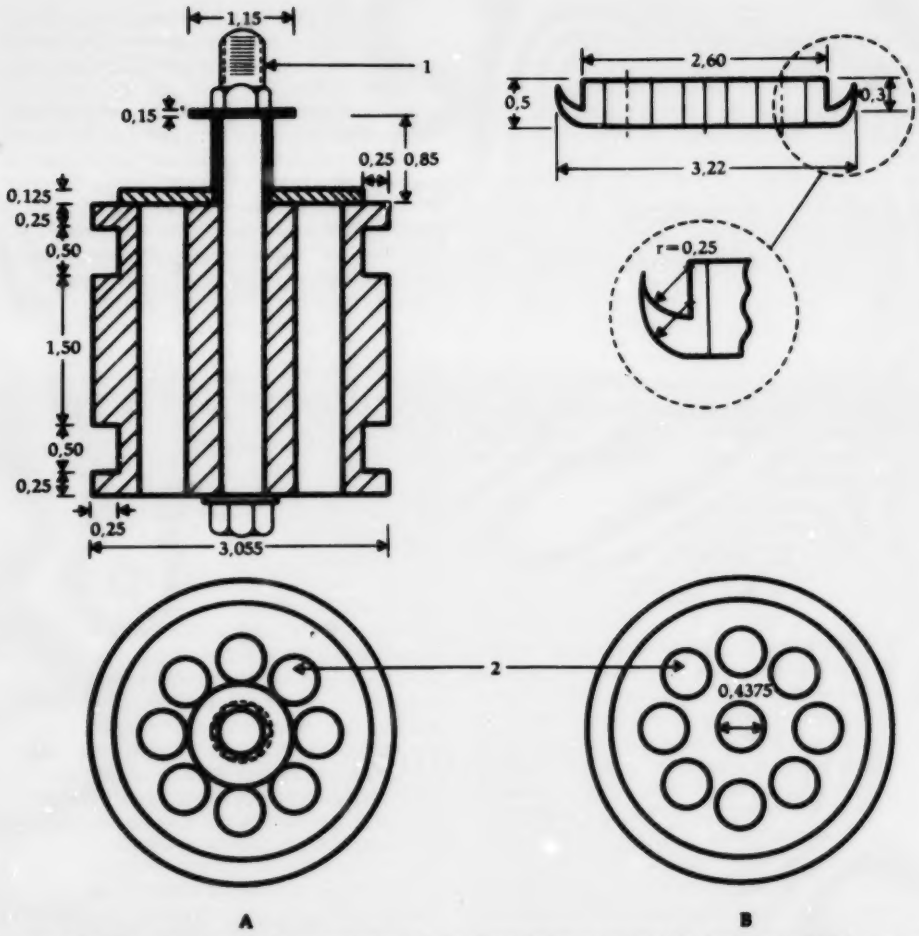


Fig. 1. *Modèle du piston (A) et de l'adapteur de clapet de pied (B) originaux mis à l'essai dans le réseau asiatique de pompes à main (toutes les mesures sont en pouces ; 1 pouce = 25,5 mm ; 1) boulon de 7/16 pouce (1,11 cm) de diamètre et de 5,5 pouces (13,97 cm) de long ; 2) trous de 0,5 pouce (1,27 cm) à 1,53 pouce (3,89 cm) de diamètre primitif.*

simplifie également l'entretien et les réparations par les utilisateurs des pompes dans les villages.

Essais sur le terrain

Une fois les travaux parvenus à la moitié de leur réalisation, les experts de chaque pays participant se sont réunis à Kuala Lumpur du 26 au 28 août 1980 pour partager les expériences acquises au cours des essais en laboratoire et sur le terrain et pour élaborer un processus de contrôle sur le terrain qui soit commun aux quatre projets. On a par la suite mis au point deux instruments nécessaires pour le programme de contrôle sur le terrain, soit des appareils servant à mesurer la quantité d'eau moyenne pompée par jour au cours de la période visée (un compteur totalisateur) et la puissance absorbée de la pompe (un traceur mécanique). Ces deux instruments sont décrits en détail par Goh (1980).

Le processus détaillé de contrôle sur le terrain, tel qu'il a été proposé à l'occasion de la rencontre en milieu de projet, a été réalisé seu-

Tableau 1. Résumé des éléments hors du sol.[a]

Pays et modèle	Socle	Levier	Bras	Douille supérieure	Tige de piston	Charge hydraulique (m)
Sri Lanka						
L1	Cadre en fer-cornière	Douille en laiton	Tuyau en AG de 25 mm	Réducteur en AG	Tuyau en PVC de 25 mm	2-7
L3	Cage en métal	Coussinets en bois	Tuyau en AG de 25 mm	Bois	Tuyau en PVC de 25 mm	2-8
V1	Tuyau en AG	Élévation directe	Bois	Bois	Tuyau en PVC de 25 mm	1-4
Thaïlande						
DMR (modifiée)	Tuyau en fonte	Levier en fonte avec douille en métal	Tuyau en fonte	Presse-étoupe	Tige d'acier de 11 mm de diamètre	2-21
ARD (modifiée)	Tuyau en fonte	Engrenage à pignon et crémaillère en fonte	Tuyau en fonte	Écrou de garniture en métal	Tige d'acier de 11 mm de diamètre	2-10
AIT/PVC	Tuyau en acier doux	Bras de levier en métal coulé avec roulement à billes	Tuyau en AG de 50 mm	Presse-étoupe	Pièce d'acier de 11 mm de diamètre	2-7
Philippines						
Pompe élévatoire	Béton	Socle en béton avec manchon en laiton	Bois	Réducteur en AG	Tige en acier doux	2-8
Malaisie						
Pompe aspirante/ élévatoire	Tuyau en acier doux	Raccordements et supports en bois	Bois	Bois	Partie supérieure - tuyau en AG de 25 mm, le reste : tuyau en PVC de 25 mm.	2-11

a) 10 mm = 0,39 pouce = 3,28 pieds.

lement à Sri Lanka et en Malaisie. Une fois que les instruments nécessaires au contrôle sur le terrain ont été mis au point, le programme thaïlandais avait déjà pris fin et aux Philippines les clapets de pied et les puits posaient des problèmes.

À Sri Lanka et en Malaisie, les pompes à main ont été mises à l'essai pendant plus de deux ans. Toutefois, compte tenu du retard dans la mise au point des instruments de contrôle sur le terrain, le programme de contrôle n'a porté que sur les 13 derniers mois à Sri Lanka et sur les 8 derniers mois et demi en Malaisie. Les résultats de ces études de contrôle ont été signalés dans les documents produits par ces pays.

Après une utilisation d'environ 2 ans, le rendement volumétrique était encore relativement élevé, ce qui prouve que les joints d'étanchéité des segments de piston étaient encore efficaces. Le rendement mécanique mesuré à la tige de piston était de l'ordre de 60 % après environ 2 ans d'utilisation sur le terrain. Cela se compare favorablement aux résultats des mesures du rendement mécanique sur de nouvelles pompes à main pour des charges hydrauliques de 23 pieds (7 mètrés) prises aux laboratoires de la Consumers' Association (UNDP/World Bank, 1982).

Bien que les mesures de l'usure aient été prises sur la plupart des pièces mobiles, l'usure était généralement faible, sauf dans le cas de la douille supérieure en bois ou en métal et du cylindre de pompe. Après 2 ans d'utilisation et un débit équivalant à 100 000 gallons (450 000 L) d'eau, la paroi du cylindre d'une pompe était usée d'environ 70 %. L'usure des segments de piston correspondante n'était que d'environ 1 %. En ce qui a trait au modèle actuel, dans lequel on utilise des segments en polyéthylène de haute densité avec des cylindres en PVC, on recommande d'inspecter le degré d'usure du cylindre de pompe à tous les 2 ans ou après le pompage de 100 000 gallons (450 000 L) d'eau.

Conclusion

Les résultats détaillés concernant les projets réalisés en Malaisie, aux Philippines, à Sri Lanka et en Thaïlande sont présentés dans les rapports de fin de projet. On peut toutefois, faire les remarques générales suivantes :

La pompe à main en PVC a été utilisée avec succès sur des puits ayant une charge hydraulique maximale de 33 pieds (10 m).

Les résultats des essais sur le terrain révèlent que l'utilisation a) d'un socle en béton ; b) de bras, de supports et de douilles en bois ; et c) de tiges de pompe et de cylindres en PVC constitue une solution de rechange pratique aux modèles de pompe traditionnels en fonte ou en acier soudé pour des puits dont la charge hydraulique s'élève jusqu'à 33 pieds (10 m).

Nous ne possédons pas assez de données de contrôle sur le terrain en ce qui a trait à l'utilisation de pompes à main en PVC pour des charges hydrauliques supérieures à 33 pieds (10 m) pour être en mesure de faire un énoncé pertinent à ce sujet.

Ouvrages de référence

Goh, S.Y. 1980. The performance characteristics of a reciprocating piston water lift pump. Ottawa, Ont., Canada : International Development Research Centre. Interim progress report, Water pumping technology — Global project.

UNDP/World Bank. 1982. Laboratory tests on hand-operated water pumps for use in developing countries. Washington, DC, USA : UNDP/World Bank. Rural water supply handpumps program, Report No. 1.

Analyse économique et débouchés éventuels

Tan Bock Thiam

Soixante-quinze pour cent des habitants des pays en voie de développement n'ont pas accès à des approvisionnements suffisants en eau potable (IRC, 1982). L'utilisation de pompes à main dans les régions où il existe une quantité suffisante de nappes d'eau souterraines constitue la méthode la plus simple et la plus économique de fournir de l'eau potable aux populations rurales. Au fur et à mesure que les gouvernements et les organismes internationaux verront à offrir des sources d'eau potable sécuritaires aux habitants des régions rurales, la demande de pompes à main augmentera dans presque tous les pays en voie de développement.

Le marché éventuel dans ces pays est évalué à 20 millions de pompes au cours de la présente décennie (Modern Asia, 1982). Toutefois, en dépit de la demande évidente de pompes à main, il semble que le rythme d'installation de ces pompes soit ralenti par l'absence de pompes pouvant être facilement entretenues par les villageois. Idéalement une pompe adaptée aux régions rurales, est avant tout une pompe dont le fonctionnement et l'entretien relèvent des villageois (VLOM).

Dans l'Est de l'Afrique, le coût moyen d'entretien des pompes à main s'élève à 400 $[1] par pompe, par année (World Water, 1982). Dans certains cas, le coût d'entretien représente 85 % du coût amorti de l'installation d'un réseau rural d'approvisionnement en eau. Ainsi, bien que l'utilisation de pompes à main constitue une solution économique pour fournir de l'eau potable aux régions rurales, les pannes trop fréquentes et la difficulté d'assurer un entretien satisfaisant en compromettent la généralisation.

La présente étude vise trois objectifs : en premier lieu, la réalisation d'une analyse financière et économique de la rentabilité des pompes en chlorure de polyvinyle (PVC) qui font l'objet d'essais par le réseau du Centre de recherches pour le développement international (CRDI), par rapport aux autres pompes qui sont utilisées dans ces pays ; en deuxième lieu, l'analyse des sources d'approvisionnement en eau pour les régions rurales et l'établissement de prévisions touchant le pourcentage de foyers ruraux à desservir par un réseau d'approvisionnement en eau d'ici à l'an 1990 ; et, en troisième lieu, la réalisation d'une évaluation préliminaire du marché des pompes à main au cours des 10 prochaines années ainsi que l'évaluation du marché éventuel pour la pompe qui est mise à l'essai par le réseau dans ces quatre pays.

Une partie des renseignements sur le coût de ces pompes est tirée des rapports provisoires du projet. Des renseignements supplémentaires proviennent d'un questionnaire et de discussions avec les chargés de projet de chacun des quatre pays. Les renseignements sur les deuxième et troisième objectifs de la présente étude proviennent d'entrevues avec les chargés de projet, les représentants gouvernementaux et d'autres intéressés faisant partie de divers organismes.

Le séjour de très courte durée à Sri Lanka, en Thaïlande et aux Philippines est l'une des principales lacunes de la présente étude, car il n'a permis de faire qu'une évaluation préliminaire de la situation globale touchant l'approvisionnement en eau des régions rurales, en général et du rôle des pompes à main, en particulier. Néanmoins, grâce à la collaboration active de l'équipe de projet de chacun des pays et aux renseignements provenant des entrevues et des publications, il a été possible d'en arriver à une juste évaluation de la situation qui prévaut dans les quatre pays visés.

Les renseignements sur le coût des pompes en PVC du CRDI se rapportent aux unités expérimentales ou fabriquées individuellement. Il était donc inutile d'utiliser ces données à des fins de comparaison avec d'autres pompes fabriquées en série. La Malaisie est le seul pays où il a été possible d'obtenir le coût estimatif de production en série de la pompe en PVC. C'est pourquoi une analyse financière poussée n'a été faite que pour la Malaisie compte tenu du manque de données ayant trait aux autres pays.

1. Tous les coûts sont exprimés en dollars américains. Les taux de change utilisés dans le présent texte sont les suivants : 1 $US = 2,30 $ en Malaisie, 8,50 pesos aux Philippines, 23,00 bahts en Thaïlande et 20,00 roupies à Sri Lanka.

Analyse par pays

Sri Lanka

L'équipe de projet a installé environ 21 pompes, surtout dans la partie sud de l'île. Chaque pompe desservait un groupe de quatre ou cinq ménages, soit environ 30 personnes. Toutes les pompes qui ont été installées fonctionnent toujours et elles sont entretenues par le Mouvement Sarvodaya qui possède plusieurs ateliers dans la région. Ces pompes ont été installées sur des puits forés à la main, de 4,9 pieds (1,5 m) de diamètre. Ces puits ont été garnis d'un cuvelage de béton et couverts au moyen d'un couvercle de béton amovible, de sorte qu'en cas de bris de la pompe, les villageois peuvent continuer de puiser de l'eau à l'aide d'un seau.

Deux facteurs semblent jouer en faveur de ce genre d'installation. Premièrement, ces pompes n'en sont encore qu'au stade de l'expérimentation et sont susceptibles de briser et ce genre d'installation offre une certaine assurance d'approvisionnement en eau continu. Deuxièmement, du fait que les villageois ne sont pas familiers avec la méthode de forage de puits, il n'y avait personne d'assez compétent sur les lieux pour faire l'essai de cette méthode d'installation.

La construction de puits à ciel ouvert augmente les coûts d'installation et impose une limite à la profondeur de forage que l'on peut atteindre. La profondeur moyenne des cent puits qui ont été examinés était de 16 à 23 pieds (5 à 7 m) et le niveau hydrostatique se situait de 10 à 16 pieds (3 à 5 m) au-dessous de la surface.

Le mouvement Sarvodaya se propose d'installer 250 pompes à main supplémentaires dans différents villages. Le coût d'installation sera probablement assumé par des organismes d'aide de l'étranger.

Analyse économique

Le tableau 1 donne des renseignements d'ordre financier et technique relatifs aux trois modèles de pompes à main. C'est dans leurs éléments hors du sol que ces pompes varient ; leurs éléments dans le sol sont absolument identiques.

Les frais d'installation représentent près de 30 % du coût de la pompe, alors que les frais d'entretien annuels comptant pour environ 23 % du coût total de la pompe.

Tableau 1. Renseignements sur trois modèles de pompes à main mises à l'essai à Sri Lanka.[a]

Elément	Modèle V1	L1	L3
Installation ($)	283	269	241
Pompe ($)	60	100	120
Entretien annuel ($)	17	25	21
Durée de vie utile (années)	7	9	9
Personnes desservies par pompe	20	40	25
Consommation quotidienne moyenne par personne par jour (L)	25	66	35
Rythme de pompage de l'eau (par minute)	8	8	8

Remarque : coût d'installation approximatif pour une profondeur moyenne de 5 m (16,4 pieds). La durée de vie utile est basée sur les prévisions du chargé de projet.
a) 1 L = 0,22 gallon.

Situation de l'approvisionnement en eau

À Sri Lanka, en 1980, sur une population de 12,7 millions d'habitants, 73 % habitaient dans des régions rurales. Il y avait alors 1 420 000 ménages ruraux, comportant chacun une moyenne de sept personnes et seulement 2 % de la population rurale était alors desservie par une canalisation d'eau épurée.

L'utilisation de pompes à main constitue un phénomène relativement récent, environ 2 500 seulement ayant été installées à Sri Lanka. De ces dernières, seulement quelque 1 500 (60 %) fonctionnent encore. Si une pompe à main alimente environ 50 familles, alors, seulement 75 000 familles ou environ 5 % de la population rurale est desservie à l'heure actuelle.

Le Fonds des Nations Unies pour l'enfance (UNICEF) participe à l'heure actuelle à un programme qui vise à installer un nombre appréciable de pompes à main pour puits profonds dans la moitié nord de l'île.

Jusqu'à présent, 600 trous ont été creusés et 300 pompes, installées. Ces puits, qui ont en moyenne plus de 49 pieds (15 m) de profondeur, sont situés à 0,5 mille (800 m) de distance et ils desservent chacun environ 50 ménages. La pompe la plus courante est la India Mark II, dont le coût s'élève à environ 400 $ chacune (sans la taxe). L'UNICEF prévoit un plan d'entretien à deux paliers pour ces pompes : un mécanicien du village assurera les réparations mineures de la pompe et un inspecteur régional des pompes sera chargé des réparations majeures. L'appareil de forage monté sur camion a été importé d'Europe à un coût d'environ 250 000 $. Un appareil de forage

peut creuser jusqu'à 80 trous par année à un coût estimatif de 1 000 $ à 1 500 $ par puits.

Débouchés éventuels

À Sri Lanka, les débouchés éventuels pour les pompes à main sont considérables. La seule restriction semble provenir du fait qu'environ 75 % du pays est relativement aride ; toutefois, 70 % de la population se concentre dans la zone fertile. Si 50 % de la population rurale était desservie par des pompes à main, le nombre approximatif de pompes à main supplémentaires qu'il faudrait à Sri Lanka s'élèverait à 14 000, 15 000 et 17 000 pompes en 1982, 1985 et 1990 respectivement. Ces prévisions découlent des hypothèses voulant que la population rurale augmente à un taux annuel de 2,5 % et que le nombre de familles desservies par une pompe reste à 50. Si l'objectif devait prévoir une pompe par 10 familles, il faudrait augmenter ces prévisions de 500 %.

Le gouvernement accorde apparemment une grande priorité à l'installation de pompes à main dans les régions rurales du pays. Son programme est toutefois restreint par le fait qu'il n'a pas les 30 % de fonds de contrepartie qui constituent un prérequis pour l'obtention de « prêts de faveur » de la Banque mondiale (World Water, 1982).

Il n'y a qu'un nombre restreint de pompes à main à l'heure actuelle, que ce soit des pompes fabriquées au pays ou des pompes importées. Les pompes importées proviennent soit de l'Inde soit du Bangladesh et elles coûtent, dans le cas des puits de surface, environ 100 à 200 $ chacune. Compte tenu de l'utilisation restreinte de ces pompes et du manque d'expérience dans la construction de ces dernières, il n'existe aucune donnée, que ce soit sur leur coût ou leur fiabilité.

En supposant qu'il n'y ait pas de problème de disponibilité de fonds, la demande éventuelle de pompes en PVC subventionnées par le CRDI s'élèverait à environ 20 000 pompes par année d'ici à 1990. Cette prévision se fonde sur l'hypothèse voulant qu'au moins la moitié de la population rurale puisse être alimentée par des puits de surface et que chaque pompe desserve cinq ménages.

Thaïlande

Après certains essais en laboratoire, une version modifiée de l'élément dans le sol de la pompe en PVC subventionnée par le CRDI a été installée sur 54 puits choisis dans le centre, le nord-est et le nord de la Thaïlande. Ces puits étaient utilisés de façon quotidienne par les villageois et ils avaient été munis d'une pompe fournie par le ministère des Ressources minières (DMR) (pompe de modèle Demster ou Red Jacket) ou le Développement rural accéléré (ARD) (pompe Korat modifiée). L'équipe de projet a conservé les éléments hors du sol de ces 54 pompes pour ne modifier que les éléments dans le sol. Ainsi, la pompe qui a été mise à l'essai était fabriquée d'une combinaison d'éléments en plastique et d'éléments en fonte.

Ces pompes ont été mises à l'essai pendant une période de 15 mois et les résultats ont été satisfaisants en général. Le principal problème qu'il a d'abord fallu résoudre était la fuite au clapet de pied, en particulier dans les régions sablonneuses où des grains de sable se logeaient sous la soupape à plaques, ce qui provoquait la fuite. Toutefois, après que certaines modifications eurent été faites, ce problème semble être résolu.

Le groupe de l'Institut asiatique de technologie (AIT) a également conçu une nouvelle pompe en PVC dont les éléments, hors du sol et dans le sol, sont en PVC, mais seulement trois de ces pompes ont été mises à l'essai sur le terrain. L'équipe de projet est d'avis que la pompe à main en PVC du CRDI peut être utilisée pour des puits d'une profondeur maximale de 65 pieds (20 m).

La profondeur forée des puits choisis allait de 52 à 112 pieds (16 à 34 m). Toutefois, le niveau de l'eau variait de 4,9 à 52 pieds (1,5 à 16 m). Le niveau d'eau de la plupart des puits était de moins de 16 pieds (5 m) de profondeur.

Analyse économique

Le coût de la pompe à main en PVC conçue par l'AIT se compare à celui des pompes à main du DMR et de l'ARD. Mis à part le coût de la colonne montante qui varie selon la profondeur du puits, le coût de la pompe à main en PVC de l'AIT s'élève à 135 $, comparativement à 122 $ pour celle du DMR et à 139 $ pour celle de l'ARD. Le coût de la pompe à main en PVC de l'AIT s'applique aux modèles fabriqués de façon individuelle alors que le coût des pompes du DMR et de l'ARD s'applique aux modèles produits en série. Il serait donc possible de diminuer considérablement le prix de la pompe à main en PVC de l'AIT par la fabrication sur une grande échelle.

Situation de l'approvisionnement en eau

En Thaïlande, sur une population de 38 millions d'habitants, 30 % vivent dans les régions rurales et 60 % de ces habitants ruraux ou 2,6 millions de ménages, n'ont pas accès à de l'eau potable. Bien qu'il n'existe aucun chiffre précis sur le nombre de pompes à main installées en Thaïlande, on estime que plus de 5 millions de personnes de ce pays dépendent des pompes à main pour leur approvisionnement en eau. Si l'on suppose, qu'une pompe à main dessert 200 personnes en moyenne, on peut évaluer à 25 000 le nombre de pompes utilisées à l'heure actuelle en Thaïlande. De ce nombre, 19 000 pompes à main ont été installées par les divers organismes gouvernementaux. Le principal problème que ceux-ci doivent régler vient de ce que chaque jour, 25 % de ces pompes à main ne fonctionnent pas. Le coût moyen annuel d'entretien de chacune de ces pompes s'élève à 71 $.

Les principaux organismes gouvernementaux qui participent au programme de pompes à main dans les régions rurales sont les suivants : le Département des ressources minières au ministère de l'Industrie ; le Département de la santé au ministère de la Santé publique ; le Département des travaux publics et l'Office du développement rural accéléré au ministère de l'Intérieur.

Chacun de ces organismes a adopté son propre modèle de pompe et ces pompes sont fabriquées de façon locale, c.-à-d. par des entreprises locales qui passent des marchés avec le gouvernement à cette fin. Leurs modèles sont à toutes fins utiles semblables à ceux qui sont importés des pays de l'Ouest, mais ils comportent certaines modifications.

Les organismes gouvernementaux participent également au forage et à l'installation des pompes à main dans les régions rurales. Ils ont, à ce jour, installé quelque 19 000 pompes à main, dont les deux tiers sur des puits d'une profondeur de plus de 65 pieds (20 m). Environ 10 % de ces puits ont été munis d'une pompe à moteur. Au cours des deux dernières années, l'objectif annuel est passé de 1 000 à au moins 2 000 puits par année.

Le Département des ressources minières utilise une pompe de modèle Demster modifiée qu'il installe sur des puits à tubage crépiné de 6 pouces (15 cm) creusés à une profondeur d'environ 115 pieds (35 m). Cette installation coûte environ 3 300 $ et comprend tant les frais de forage que le prix de la pompe à main qui s'élève à 150 $. L'entretien et les réparations coûtent 125 $ par pompe par année. Chaque pompe dessert environ 250 personnes et fournit de l'eau à longueur d'année, alors que les puits de surface tarissent. Le Département a l'intention d'accélérer le rythme et de creuser 4 500 puits par année afin d'atteindre l'objectif fixé à un total de 20 000 puits profonds en 1990.

L'Office du développement rural accéléré utilise une pompe Korat modifiée qui coûte environ 139 $. Elle diffère de la pompe Korat originale en ce qu'elle possède un cylindre en PVC de 3 pouces (7,5 cm) ainsi qu'un tube de descente de 1,25 pouce (3 cm). On utilise habituellement ces pompes sur des puits de surface de moins de 50 pieds de profondeur.

Le Département de la santé de la Division de l'approvisionnement en eau des régions rurales est le principal organisme qui participe à l'installation de pompes dans les régions rurales. Cet organisme installe des pompes à main tant sur des puits profonds que sur des puits de surface. Jusqu'à présent, environ 600 pompes de puits profonds ont été installées pour puiser de l'eau à une profondeur moyenne de 115 pieds (35 m). La pompe Korat modifiée que le Département de la santé utilise coûte 150 $ et son coût d'entretien annuel s'élève à 130 $. Chaque puits dessert un groupe de 40 à 50 ménages. Le forage et l'installation coûtent environ 1 500 $.

La Division de l'approvisionnement en eau dans les régions rurales a également établi près de 1 000 puits de surface dans le centre de la Thaïlande. Elle utilise une pompe surnommée la pompe A ou pompe Lucky qui coûte entre 30 et 40 $. La profondeur moyenne de ces puits est de 33 pieds (10 m). Le creusage et l'installation coûtent en moyenne près de 250 $ alors que le coût d'entretien annuel n'est que de 8 $ par pompe. La Division a l'intention d'installer de 800 à 1 000 pompes de ce genre par année au cours des prochaines années. L'an dernier, la Division, en collaboration avec l'Université Chulalongkorn a participé à un projet visant à mettre au point et à essayer une pompe à main en PVC. Cette pompe, de fabrication locale, a été installée sur 100 puits de surface et 20 puits profonds. Il en coûte 50 $ pour une pompe pour puits de surface et 100 $ pour une pompe pour puits profond. Ces pompes font en ce moment l'objet de tests de performance.

Débouché éventuel

On estime à 2,6 millions le nombre de ménages thaïlandais qui n'ont pas accès à de l'eau propre pour la consommation domesti-

que. Compte tenu des prévisions du taux de croissance de la population que l'on établit à 2,5 % par année, il faudrait installer, d'ici à 1990, 66 000 pompes à main si l'on veut offrir à cette population une pompe par 50 familles. Si l'on se fixe comme objectif de fournir une pompe par 10 ménages, la demande éventuelle s'élèverait à 330 000 pompes. Ces chiffres ne tiennent pas compte des pompes de rechange.

D'une façon générale, on semble accorder la préférence aux puits profonds en Thaïlande parce que ces derniers assurent un approvisionnement en eau toute l'année durant. Dans certaines parties du pays, surtout dans les régions arides, les puits de surface ne servent que pendant 8 mois de l'année environ. En supposant que 50 % des pompes à main installées le soient sur des puits de surface, le marché éventuel pour une pompe en PVC du CRDI est de 4 500 à 18 000 unités par année d'ici à 1990, selon le nombre de familles qui doivent être desservies par pompe (v. Tableau 7).

Philippines

Trente pompes fabriquées par un entrepreneur local d'après le modèle Waterloo ont été installées à divers endroits dans l'île Luzon. Aucun essai en laboratoire n'a été réalisé et la pompe qui a été installée était essentiellement analogue au modèle Waterloo. L'élément hors du sol comportait toutefois un socle en béton relativement économique.

La profondeur moyenne du sabot de tubage était de 39 pieds, variant de 20 à 59 pieds (12 m ; variant de 6 à 18 m) et la profondeur moyenne de l'eau était de 13 pieds, variant de 3 à 26 pieds (4 m ; variant de 1 à 8 m). Sur les 30 pompes qui ont été installées, seulement 4 sont toujours en état de fonctionner. Les autres ont été soit abandonnées soit démantelées à cause d'une fuite au clapet de pied ou de l'effondrement du puits où elles étaient installées.

Analyse économique

La pompe en PVC du CRDI coûtait 267 $. Les matériaux entrant dans sa fabrication comptaient pour 92 % du coût, alors que les frais de fabrication en tant que tels représentaient 8 % du coût total. Les dépenses imputables au forage du puits et à l'installation de la pompe étaient relativement peu élevées, soit seulement 353 $ pour une profondeur moyenne de 39 pieds (12 m).

L'utilisation d'un tuyau en PVC en guise de cylindre de cuvelage est un facteur qui a contribué à baisser le coût d'installation : les tuyaux en PVC coûtent le tiers du prix des tuyaux galvanisés. La disponibilité d'entrepreneurs locaux ayant de l'expérience dans le forage de puits et l'installation de pompes à main est un autre facteur qui explique le coût peu élevé. On a également eu recours à un petit appareil de forage à moteur coûtant 4 000 $.

Situation de l'approvisionnement en eau

En 1980, seulement 43 % des habitants ou 21,2 millions de personnes sur une population totale de 49,4 millions étaient alimentés par un réseau d'approvisionnement en eau. Sur une population rurale de 34,1 millions de personnes, 33 % se procuraient l'eau à partir de réseaux d'approvisionnement publics, les autres devant compter sur des pompes à main, des puits ouverts, des réservoirs d'eaux pluviales et les cours d'eau.

D'après les statistiques de l'UNICEF, il existe 23 572 puits artésiens publics qui desservent environ 4 millions de personnes. Seulement 16 000 d'entre eux fonctionnement et leur profondeur moyenne est de 197 pieds (60 m) (World Water, 1982). Les Philippines possèdent une grande réserve de nappes d'eau souterraines et une forte moyenne de précipitations annuelles, soit 89 pouces (2 260 mm).

L'utilisation des pompes à main a une longue histoire aux Philippines. Dans certaines régions, la majorité des foyers ont installé leur propre pompe à main. En 1980, sur un total de 5,68 millions de ménages ruraux alimentés en eau par différents moyens : 1,87 millions étaient branchés au réseau d'aqueduc public, 0,39 millions tiraient leur eau de puits artésiens et 0,30 millions de pompes à main privées.

Ces estimations se fondent sur deux hypothèses : qu'un ménage moyen compte six personnes et qu'il existe environ 30 000 puits de surface privés qui desservent chacun dix ménages. D'après ces estimations, plus de trois millions de ménages ne sont pas alimentés en eau claire à des fins domestiques.

En vue de combler cette lacune, le gouvernement philippin a lancé un programme de 20 ans visant à rendre de l'eau potable accessible à tous les ménages. Les deux principaux organismes participant à ce programme d'approvisionnement en eau des régions rurales sont la Corporation pour le développement des réseaux ruraux d'approvisionnement en eau

(RWDC) et le ministère des Travaux publics (MPW).

Le programme qu'ils ont mis de l'avant est axé sur la transformation de comités bénéficiaires en associations ou en coopératives d'approvisionnement en eau indépendantes. Ces associations sont tenues de contribuer aux frais d'immobilisation et de prendre en main le fonctionnement et l'entretien du réseau d'approvisionnement en eau. Les organismes gouvernementaux fournissent l'aide technique et administrative et contribuent au coût global, y compris 10 % des frais d'exploitation et d'entretien.

Trois niveaux de service ont été suggérés en fonction de la population de la région, de la source d'approvisionnement en eau, du coût du développement et de la capacité de payer de la collectivité. Le gouvernement paiera 90 % du coût des immobilisations dans le cas du niveau 1 et fournira des prêts couvrant 90 % de ce coût dans le cas des niveaux 2 et 3.

Dans le cas du niveau 1 l'accent sera mis surtout sur la mise en valeur des sources comme les puits artésiens et les sources protégées. Chaque puits de surface est conçu pour alimenter un groupe de 15 ménages, alors que chaque puits profond doit alimenter 50 ménages. Le coût d'installation moyen par ménage s'élève à 12,33 $ (ou à 185 $ par puits) pour ce qui est des puits de surface et à 98,82 $ (ou 4 941 $ par puits) pour ce qui est des puits profonds. On évalue à 0,82 $ par ménage le coût d'entretien annuel.

Le programme offert au niveau 2 est essentiellement le même que ce qui est prévu pour le niveau 1, mais il comporte un réseau de robinets communautaires. Sa conception globale s'applique à un groupe de 100 ménages et le coût par ménage s'élève à 71 $, mis à part le coût de la mise en valeur de la source.

Au niveau 3, on prévoit des embranchements pour les maisons individuelles et la conception globale porte sur les zones urbaines. Le coût des immobilisations par ménage s'élève à 247 $.

Le programme du niveau 1 porte presque exclusivement sur la construction et la remise en état de puits de surface et de puits profonds. La profondeur moyenne des puits de surface est de 30 pieds (9 m), alors que celle des puits profonds est en moyenne de 200 pieds (60 m). Dès 1990, la RWDC et le MPW se proposent d'installer au total 169 000 puits de surface et 87 500 puits profonds dans tout le pays. De plus, 26 000 puits seront remis en service.

Tableau 2. Objectifs de construction et de reconditionnement des puits du ministère des Travaux publics (MPW) et de la Corporation pour le développement des réseaux ruraux d'approvisionnement en eau (RWDC).

Année	Puits de surface	Puits profonds	Remise en état
1980	10000	1691	1274
1981	13000	5000	2000
1982	45000	13000	2500
1983	40000	14000	2500
1984	41000	15000	2500
1985	16000	15000	2500
1986-1990	4000	23800	12500

Source : Gouvernement des Philippines. 1980. Programme intégré d'approvisionnement en eau, 1980-2000 et RWDC. Le programme d'approvisionnement en eau des régions rurales des Philippines.

Débouchés éventuels

L'étude des objectifs de construction de puits du MPW et de la RWDC (Tableau 2) donne un indice du marché éventuel de pompes en PVC efficaces et économiques.

Le coût de financement du programme est évalué à 368 millions de dollars. On s'attend à ce qu'une partie de ce montant provienne de programmes de prêts ou d'aide offerts par divers organismes internationaux. La mise en œuvre de ce programme pourrait bien être retardée par l'incapacité de recueillir les fonds nécessaires.

On s'attend à ce que la population rurale des Philippines atteigne les 43,1 millions d'habitants, ce qui représente environ 7,2 millions de ménages dès 1990. En supposant que toutes les pompes que l'on se propose d'installer le soient dès 1990, le pays disposera d'environ 200 000 puits de surface et de 110 000 puits profonds. Si la totalité des puits de surface et 70 % des puits profonds sont situés dans des régions rurales, chaque puits de surface alimentera en eau 17 ménages et chaque puits profond, environ 50 ménages. Par conséquent, avec un objectif prévoyant un puits de surface pour cinq ménages, il faudra installer 480 000 puits de surface supplémentaires d'ici à 1990.

Malaisie

Des recherches en laboratoires poussées ont donné lieu à la fabrication de neuf pompes aspirantes, de deux pompes aspirantes et foulantes, d'une pompe élévatoire foulante et de cinq pompes élévatoires à main qui ont été installées dans deux régions rurales, soit celles

de Kuala Pilah et d'Ipoh. Ces pompes ont été mises à l'essai sur le terrain pendant plus d'un an et on n'a jusqu'à présent signalé aucun problème d'importance. Toutes les pompes fonctionnent encore et il semble à priori que les villageois soient satisfaits de leur rendement. Parmi les principales caractéristiques de ces pompes, on retrouve : un cylindre en PVC muni d'un piston coulissant en PVC et un clapet de pied en PVC fixe, mais amovible, ainsi qu'un système de leviers composé de raccords de bois et de coussinets en acier galvanisé ou en bois imprégné d'huile.

Ces pompes à main en PVC ont été installées sur des puits existants dont les pompes n'étaient plus en état de fonctionner. Les puits avaient en moyenne 30 pieds (9 m) de profondeur et la profondeur de l'eau était ordinairement de 10 à 23 pieds (3 et 7 m) au-dessous du sol. Chaque pompe à main desservait un groupe de quatre à cinq ménages. Les pompes aspirantes et foulantes et les pompes élévatoires foulantes étaient cependant raccordées à chacun des quatre ou cinq ménages, ce qui permettait à chaque utilisateur de pomper l'eau directement dans un réservoir installé dans sa maison.

Analyse économique

Une analyse financière a été faite afin de comparer le coût de la pompe en PVC (tant le coût de la pompe expérimentale que le coût de production prévu) à celui des deux pompes déjà en place (Gibson et Fuji).

Les résultats de cette analyse indiquent que la valeur actuelle et le coût équivalent de la pompe en PVC sont inférieurs par rapport aux pompes déjà en place (Tableau 3). La différence la plus marquée est ressortie de la comparaison du coût du modèle de production en PVC à celui des pompes à main en place. En se servant des notions de la valeur actuelle et du coût annuel équivalent, le coût du modèle de production en PVC représente 50 % du coût des pompes actuelles.

Les données de base disponibles dans le cas de la Malaisie figurent au tableau 4. Plusieurs points méritent toutefois d'être signalés.

- Seule la pompe expérimentale du CRDI-Université de Malaya (UM) a pu être évaluée de façon exacte en ce qui a trait au coût (Tableau 5). Ce prix peut sans doute paraître élevé compte tenu du nombre limité de pompes produites et de l'aspect recherche que sous-entend sa conception et sa construction. À l'heure actuelle, on ne peut qu'évaluer le coût de production en série du modèle du CRDI/UM et ce coût est basé sur des prix avancés par des fabricants de plastique locaux touchant des

Tableau 3. Résumé des diverses évaluations du coût des pompes ($US).

Genre de pompe	Coût des immobilisations	Valeur actuelle	Coût annuel équivalent
Gibson	31	148,11	79,74
Fuji	61	155,48	28,40
CRDI			
Modèle expérimental	134	145,72	27,33
Production	74	85,72	15,99

Remarque : L'analyse de la valeur actuelle et du coût annuel équivalent est fondée sur la présentation qui a été rédigée par J. Majumdar et qui a fait l'objet d'une discussion à la réunion au mi-temps du projet, en août 1980 (Goh, 1980).

Tableau 4. Données de base sur les pompes à main (en dollars constants de 1980).

Eléments	Gibson	Fuji	Modèles du CRDI[a] Modèle expérimental	Modèles du CRDI[a] Production
Coût d'installation[b]				
Matériaux	85	85	85	85
Main-d'œuvre	49	49	49	49
Frais de transport[c]	1	1	1	1
Pompe et assemblage	30	60	133	73
Coût des immobilisations — pompe installée	31	61	134	74
Coût des réparations annuelles[d]	9	9	2	2
Période d'exploitation (années)	0,5-2,5	3-5	7-9	7-9
Durée économique (années)	2	4	8	8
Taux d'escompte (%)	10	10	10	10
Valeur de récupération à la fin de l'année	0	0	0	0

a) On retrouve au tableau 5 une ventilation du coût des principaux éléments des deux modèles.

b) Pour un puits de 30 pieds (9 m), les coûts sont les suivants: tarière, 18 $; main-d'œuvre (14 jours à 3,50 $ par jour), 49 $; béton, 10$; bâti en tuyau, 57$. Ces coûts sont les mêmes pour toutes les pompes.

c) En tenant compte d'une distance de 62 milles (100 km) à partir du port et du fait que les pompes sont transportées en vrac. Le total des coûts fixes, y compris l'installation est de 165 $ dans le cas de la Gibson, 195 $ dans celui de la Fuji, et 268 $ dans celui de la CRDI expérimentale et 208 $ dans celui de la CRDI de production.

d) Le coût des réparations ne porte que sur les pièces. On suppose que la main-d'œuvre est fournie soit par l'utilisateur soit par le gouvernement.

commandes en vrac portant sur les différents éléments de la pompe. En expérimentant différents procédés de fabrication, on pourrait en arriver à diminuer ces coûts.

- Les données sur les autres pompes (Gibson et Fuji) proviennent des registres du ministère de la Santé et d'entrevues sur le terrain.
- La durée de vie enregistrée sur le terrain pour les pompes ne relevant pas du CRDI est extrêmement courte, s'échelonnant de 6 mois à 5 ans.
- Les douze pompes aspirantes installées sur le terrain au cours des deux dernières années sont encore toutes en état de fonctionner. C'est pourquoi il n'existe pas de données sur la durée de vie exacte de ces pompes. Aux fins de la présente analyse, on avance un chiffre de 7 à 9 ans.
- Les pompes inutilisables sont gardées pour les pièces de rechange. Il n'y a donc aucune valeur précise de récupération pour ces pompes. On suppose donc que la valeur de récupération de ces pompes est de zéro à la fin de la durée économique de la pompe.

Tableau 5. Principales composantes du coût ($) de la version expérimentale et de production de la pompe à main du CRDI/UM.

Éléments	Pompe expérimentale	Pompe de production
Piston et clapet de pied	59,00	8,40
Dégorgeoir	4,10	4,10
Cylindre du piston	20,20	8,70
Assemblage du tube de descente et de la tige de piston	9,80	9,80
Socle en métal	17,40	17,40
Assemblage de leviers	16,40	16,40
Boulons et rondelles	6,10	8,20
Coût total	133,00	73,00

- Les données sur les coûts obtenues de 1978 à 1981 ne révèlent aucune augmentation marquée du coût qui serait imputable à l'inflation. Ces données sur les coûts sont exprimées en dollars constants de 1980.

Situation de l'approvisionnement en eau

En Malaisie, seulement 43 % des ménages ruraux ont l'eau courante (Tableau 6). Ce chiffre devrait toutefois passer à 58 % dès 1985 si les projets actuels sont mis en oeuvre conformément au Quatrième plan de la Malaisie. En termes de nombre de ménages ruraux, cela veut dire qu'un total de 994 000 ménages, en 1980, et de 833 000 ménages, en 1985, devront toujours se fier aux sources d'approvisionnement traditionnelles pour leurs besoins en eau quotidiens.

Le ministère de la Santé a, depuis la fin des années 60, fourni des pompes à main à un nombre restreint de ménages ruraux. À ce jour, on a construit au total environ 5 500 puits desservant près de 22 000 ménages. Ce chiffre ne représente toutefois que la moitié de l'objectif qui avait été fixé dans le Troisième plan de la Malaisie. Une des raisons principales de ce déficit tient à la difficulté de se procurer des pompes à main. À l'heure actuelle, toutes les pompes à main utilisées par le ministère de la Santé doivent être importées : on retrouve parmi ces pompes, celles de type Dragon, Fuji, Gibson et SGP. Ces pompes sont relativement peu coûteuses, mais le Ministère s'est rendu compte qu'elles duraient rarement plus d'un an, sans parler du manque de pièces de rechange lorsque ces pompes se brisent.

Le programme, entrepris en vertu du Quatrième plan de la Malaisie, consiste à augmenter de 12 382 le nombre de pompes installées afin de desservir environ 60 000 ménages d'ici à la fin de 1985. Toutefois, compte tenu des délais nécessaires pour se procurer des

Tableau 6. Nombre (en milliers) et pourcentage de ménages ruraux qui ont l'eau courante.[a]

	Nombre de ménages ruraux			Nombre de ménages desservis par l'eau courante			% de ménages desservis par l'eau courante		
	1980	1985	1990	1980	1985	1990	1980	1985	1990
Péninsule malaise	1485	1656	1801	698	1043	1388	47	63	77
Sabah	102	159	175	18	62	106	18	39	61
Sarawak	164	189	208	41	66	91	25	35	44
Total	1751	2004	2184	757	1171	1585	43	58	73

Source : Gouvernement de la Malaisie 1981. Quatrième plan de la Malaisie.

a) On émet l'hypothèse que les ménages ruraux compteront pour 60 % de la population en 1990, comparativement à 38 % en 1985 et que le nombre de ménages ruraux *ayant* l'eau courante entre 1985 et 1990 sera le même qu'entre 1980 et 1985, soit 414 000 ménages.

pompes de l'étranger, on doute que cet objectif puisse être atteint. Le gouvernement malaisien a l'intention d'investir d'importantes sommes d'argent pour fournir l'eau courante à plus de 70 % de la population rurale d'ici à 1990. Toutefois, malgré ce programme d'envergure, environ 600 000 ménages dépendront encore d'autres sources d'approvisionnement en eau en 1990.

Marchés éventuels

Le ministère de la Santé est le principal organisme gouvernemental participant à l'installation de pompes à main dans les régions rurales. Le coût du forage du puits et de l'installation de la pompe à main (y compris le coût de la pompe elle-même) est financé en totalité par le gouvernement. Jusqu'à présent, le gouvernement a également fourni un service gratuit de réparation et d'entretien pour la majeure partie des pompes à main installées. Il se peut que le gouvernement mette fin à cette politique sous peu et qu'il demande aux utilisateurs de s'occuper eux-mêmes de l'entretien, de la réparation et de la remise en état de leur pompe. La pratique actuelle consiste à fournir un puits et une pompe à main à un groupe de quatre à six ménages. Il s'agit pour la plupart de puits de surface qui ont en moyenne une profondeur de 16 à 50 pieds (5 à 15 m).

Le gouvernement s'est fixé comme objectif d'installer environ 2 500 pompes à main par année afin de desservir près de 12 500 ménages. Toutefois, à l'heure actuelle, le nombre de ménages ruraux qui n'ont pas accès à l'eau courante s'élève à près de 1 million. On s'attend à ce que ce chiffre descende à 600 000 dès 1990. Si l'on suppose qu'un total de 400 000 ménages devront encore dépendre de pompes à main pour leur approvisionnement en eau en 1990, il faudra installer 80 000 pompes à main supplémentaires dans tout le pays d'ici à 1990, ce qui représente un marché éventuel d'environ 10 000 pompes à main par année pour le reste de la présente décennie

Principales données et conclusion

Le coût des pompes à main

Le coût de la pompe à main en PVC du CRDI varie entre 93 $ et 267 $ dans les quatre pays. Ce coût a été établi à partir des données sur le coût de la pompe expérimentale et on pourrait probablement le réduire à un tiers, voire à une demie du coût actuel si l'on devait produire cette pompe à l'échelle commerciale en utilisant des techniques de production en série. Il importe de signaler que la pompe expérimentale ne coûte que 17 % de plus que les pompes à main comparables qui sont sur le marché.

Le facteur coût n'est pas la principale contrainte qui empêche la pompe à main en PVC du CRDI de se tailler une meilleure place dans ces quatre pays. En Thaïlande et aux Philippines, par exemple, on a découvert qu'il restait des problèmes techniques à régler avant que cette pompe soit réputée être suffisamment fiable pour qu'on l'utilise de façon régulière. Cela fait toutefois ressortir l'importance des essais sur le terrain aux fins de la compréhension en profondeur de la technique. La situation qui prévaut à Sri Lanka et en Malaisie est plus favorable et les pompes qui ont été mises à l'essai dans ces pays pourraient, avec de légères modifications, constituer la base d'une production commerciale et d'une utilisation largement répandue. Il est intéressant de constater que dans ces deux pays, on a été aux prises avec des problèmes techniques au départ ; ces problèmes ont cependant été réglés pendant la période d'essai sur le terrain. Les projets thaïlandais et philippin n'ont cependant pas fait l'objet d'un processus de mise à l'essai aussi intensif.

Aux Philippines, il serait peu réaliste de faire une étude comparative de rentabilité entre la pompe à main en PVC du CRDI et les autres pompes à main en place parce que les pompes en PVC du CRDI présentent encore d'importantes lacunes de conception auxquelles il faut remédier. Pour ce qui est de Sri Lanka, les pompes à main en PVC du CRDI, qui y sont installées fonctionnent de façon satisfaisante, mais il n'existe pas d'autres pompes avec lesquelles on puisse établir une comparaison. Même si la Thaïlande semble maintenant avoir réglé le problème de fuite au clapet de pied, le programme de mise à l'essai sur le terrain n'était pas terminé au moment où le projet a pris fin. Ce n'est qu'en Malaisie qu'il a été possible de comparer la pompe en PVC du CRDI avec d'autres pompes à main.

Dans cette comparaison, les pompes en PVC du CRDI se sont favorablement comparées aux autres pompes. En utilisant le coût prévu de la pompe à main en PVC du CRDI (comme si elle était produite sur une grande échelle), on constate que cette pompe ne coûte qu'environ la moitié du prix des pompes à main existantes.

Même si, dans le cas de la Malaisie, nous disposons de facteurs de conversion, nous n'avons pas entrepris d'analyse économique parce qu'il n'existe aucune taxe gouvernementale sur les pompes importées, mais la taxe sur le PVC importé varie entre 10 et 25 %. Compte tenu de ce fait, les résultats de l'analyse économique ne seront pas très différents de ceux de l'analyse financière.

Dans ces quatre pays, la demande de pompes à main est élevée, en particulier la demande de pompes susceptibles d'être adaptées tant aux puits de surface qu'aux puits profonds. La pompe à main du CRDI convient mieux aux puits dont la profondeur va jusqu'à 50 pieds (15 m) ou aux puits de surface. On estime qu'il existe un marché annuel combiné pour de 29 800 à 118 000 pompes à main dans ces quatre pays. Ce sont les Philippines qui représentent le meilleur débouché (Tableau 7).

Situation de l'approvisionnement en eau

La Thaïlande et les Philippines ont tous deux une expérience de longue date dans le domaine de l'utilisation des pompes à main. C'est pourquoi leurs projets d'approvisionnement en eau des régions rurales accordent une grande importance au forage de puits et à l'installation de pompes à main. Dans ces deux pays, les projets de pompes à main reçoivent un financement important de la part des organismes d'aide ou de prêts internationaux.

D'autre part, l'utilisation des pompes a commencé plus récemment à Sri Lanka et en Malaisie. Le développement du programme d'approvisionnement en eau en milieu rural est toutefois quelque peu entravé par le manque de fonds gouvernementaux. Par contre, le programme malaisien vise plus à fournir l'eau courante aux ménages ruraux qu'à augmenter de façon marquée le nombre de pompes à main. Cet objectif est toutefois extrêmement coûteux et est susceptible d'être modifié.

Puits de surface et puits profonds

La demande porte sur des pompes à main qui permettent de tirer l'eau tant des puits de surface que des puits profonds. La distinction entre un puits de surface et un puits profond n'est pas très bien définie, mais on considère normalement qu'un puits de surface a une profondeur de moins de 50 à 66 pieds (15 à 20 m); il s'agit là de la profondeur forée. La profondeur de la nappe phréatique diffère toutefois énormément d'un puits à l'autre. Ainsi, même dans le cas d'un puits profond de 100 pieds (30 m), le niveau d'eau peut ne se trouver qu'à 16 ou 32 pieds (5 à 10 m) au-dessous de la surface. Dans ce cas, une pompe conçue pour les puits de surface peut très bien faire l'affaire.

Le niveau des nappes phréatiques varie en fonction du mode des précipitations qui prévaut dans chaque région. Ainsi, certains puits de surface peuvent se tarir pendant les périodes de sécheresse. Dans le cas des puits profonds, le niveau de la nappe phréatique peut baisser énormément et rendre l'utilisation d'une pompe pour puits de surface inadéquate pour pomper l'eau.

Tableau 7. Résumé des principales statistiques sur les pompes à main dans les quatre pays.

Elément	Malaisie	Philippines	Sri Lanka	Thaïlande	Moyenne ou total[a]
Coût de la pompe du CRDI	134	267	93	135	157
Frais d'installation[b]	134	165	476	225	275
Pompe plus coût d'installation CRDI	268	532	569	360	432
Pompes existantes	180	450	651	356	409
Ménages ruraux sans eau pure (million)	0,99	3,12	1,32	2,60	8,03
Pompes à main en place (chiffres de 1982)	6000	55000	2500	25000	88500
Marché annuel éventuel (1982-1990)					
1 puits de surface/20 ménages	2000	18000	5000	4500	29500
1 puits de surface/5 ménages	8000	72000	20000	18000	118000

a) Tous les coûts sont des moyennes exprimées en $US.
b) On suppose que les coûts d'installation seront les mêmes dans le cas des pompes du CRDI que dans celui des pompes existantes. Il s'agit du coût pour un puits d'une profondeur de 9 m (29,5 pieds).

Toute les pompes mises à l'essai dans le cadre du programme du CRDI sont uniquement destinées à des puits de surface, c'est-à-dire à des puits qui ont une profondeur de 50 à 66 pieds (15 à 20 m). C'est pourquoi, dans l'évaluation des marchés éventuels de la pompe à main en PVC du CRDI, il est préférable de ne tenir compte que du marché des puits de surface plutôt que des débouchés pour les deux types de puits. Un travail plus poussé sur la pompe en PVC du CRDI pourrait étendre la portée de la pompe, auquel cas, son marché pourrait s'élargir.

Remerciements Nous remercions chaleureusement le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) du soutien et de l'aide qu'il nous a accordés. Les équipes de projet des quatre pays ont collaboré de bonne grâce en fournissant tous les renseignements de base qui ont servi à la rédaction de la présente communication. Les chargés de projets, MM. Pathirana Dharmadasa de Sri Lanka, Pisidhi Karasudhi de la Thailande, Antonio Bravo des Philippines et Goh Sing Yau de la Malaisie, nous ont renseignés sur la situation globale des pompes à main dans leur pays respectif. Nous tenons à souligner l'aide qu'ils ont apportée dans ce domaine. Nous remercions également les divers représentants des quatre pays qui ont bien voulu présenter leurs commentaires sur le programme pertinent de l'organisme qu'ils représentent.

Ouvrages de référence

Goh, S.Y. 1980. The performance characteristics of a reciprocating piston water lift pump. Ottawa, Ont., Canada : International Development Research Centre. Interim Progress Report, Water pumping technology — Global project.

IRC (International Reference Centre for Community Water Supply). 1977. Handpumps. La Haye (Hollande) : IRC Technical Paper No. 10.

Modern Asia. 1982. Wanted : 20 million pumps for the Third World. Washington, DC, USA April Issue, p. 29.

World Water. 1982. 1981-1990 decade. Liverpool U.K. : Thomas Telfield Ltd. pp. 11-15, 47-50.

Conclusions

Nous vivons une époque où l'évolution rapide et l'expansion démographique rapides posent à chaque pays le défi d'améliorer la santé publique. Les ressources limitées dont disposent les pays en voie de développement rendent ce problème encore plus aigu. La présente décennie a été désignée « Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement » et a pour objectif officiel de fournir des approvisionnements en eau potable suffisants aux populations rurales, d'ici à 1990. L'atteinte de cet objectif à l'échelle mondiale nécessitera un apport de 20 millions de pompes à main, voire plus, d'ici à l'an 2000. Ces pompes doivent pouvoir résister à l'usage et aux dommages que lui font subir les nombreuses personnes qui dépendent de leur bon fonctionnement pour leur approvisionnement en eau quotidien.

Lorsqu'une pompe se brise et n'est pas réparée, elle entraîne une perte économique importante. Les pièces de rechange et la possibilité de vandalisme et de vol des pièces lorsque cette pompe reste hors de service pendant plus de quelques jours supposent des coûts et des pertes d'investissements considérables, sans oublier les ennuis que cela représente pour les utilisateurs qui doivent parcourir de longues distances pour aller puiser de l'eau. Une solution à ce problème consiste à concentrer les efforts sur la mise au point de pompes à main fabriquées sur place qui soient peu coûteuses à fabriquer et facilement réparables par des habitants du village ayant un minimum d'expérience.

Le modèle de pompe Waterloo qui a été mis au point en 1976 correspond bien à la description d'une telle pompe. Le piston et le clapet de pied sont fabriqués en chlorure de polyvinyle (PVC), un matériau que l'on trouve facilement sur le marché dans la plupart des pays en voie de développement. Le piston et le clapet de pied ont été conçus de manière à être interchangeables, c'est-à-dire que l'on peut utiliser le piston comme clapet de pied et vice-versa.

Cette caractéristique diminue considérablement le nombre de pièces de rechange qui sont nécessaires aux fins de réparation ou de remplacement. Le modèle de pompe Waterloo présente, comme autre avantage, l'introduction de segments de piston en polyéthylène qui sont semblables à ceux que l'on retrouve dans un moteur d'automobile. Ces segments sont faciles à remplacer lorsqu'ils sont usés. Enfin, ce modèle de pompe tire avantage de l'utilisation d'un tuyau en PVC pour la colonne montante et le cylindre, l'endroit où le piston monte et descend étant la colonne montante. Si cette partie s'use, il suffit de déplacer le piston à l'intérieur de la colonne montante. On utilise un tuyau en PVC de plus petit diamètre pour la tige de piston. Les éléments hors du sol sont de conception locale et font appel à des matériaux que l'on retrouve sur place. Les modèles varient du type à action directe que le groupe de projet de Sri Lanka a présenté, à des mécanismes à levier en acier plus complexes qui ont été présentés par le groupe de projet thaïlandais. Le groupe de projet des Philippines a utilisé des socles en béton peu coûteux, un concept qui mérite d'être exploré plus à fond.

La technologie qui a été mise au point et à l'essai grâce à la subvention de ces projets par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI), montre clairement qu'il n'existe pas de modèle de pompe universel qui soit en mesure de fonctionner de façon satisfaisante dans toutes les conditions, avec tous les groupes d'utilisateurs. La présente recherche n'avait pas non plus comme objectif de découvrir un tel modèle de pompe. Bien que le principe de base du modèle soit le

même dans les projets, chacun comporte des variations et des modifications particulières. Les résultats de la présente recherche ont mis à jour le fait que cette technologie ou toute autre technologie de pompes à main doit d'abord être mise à l'essai sur le terrain, dans des conditions locales et être modifiée en fonction des besoins et des opinions des groupes d'utilisateurs, des conditions du milieu, de la disponibilité des matériaux et du niveau d'expérience de ceux qui doivent l'adopter et l'entretenir. Sans essais sur le terrain, la technologie ne peut prétendre répondre aux besoins du groupe auquel elle s'adresse et elle a toutes les chances de rater son objectif.

Une fois que la technologie a fait ses preuves sur le terrain, il doit y avoir un effort concerté en vue de sensibiliser et d'éduquer les utilisateurs, non seulement quant au fonctionnement de la pompe, mais aussi relativement à ses limites. Une pompe se compose de plusieurs éléments. Si l'un des éléments fait défaut, rien ne fonctionne et on ne peut obtenir d'eau. Il est par conséquent essentiel de connaître parfaitement le mode de fonctionnement de la pompe, les pièces qui sont susceptibles de se briser et les éléments qui s'usent le plus rapidement afin d'être en mesure de bien entretenir la pompe. Ces connaissances valent tout autant pour l'entretien préventif qui est un aspect de la technologie des pompes à main qui a malheureusement été négligé.

Le présent atelier sur la technologie des pompes à main ne doit toutefois pas être considéré comme l'accomplissement ultime du réseau des projets de recherches, mais bien comme le début d'une nouvelle étape où il nous faut viser à transmettre ce concept aux gens qui en ont le plus besoin, c'est-à-dire aux habitants pauvres des régions rurales. Ce concept, qui fait appel à l'utilisation de matières plastiques peu coûteuses pour les éléments de pompe, a fait ses preuves. Il reste encore toutefois à faire des recherches sur la production commerciale en série à l'aide du moulage par injection. La possibilité de production sur une petite échelle par des industries locales doit, elle aussi, faire l'objet d'une étude approfondie. Il faut poursuivre les recherches sur l'utilisation de nouveaux matériaux, de modèles modifiés ainsi que sur les différents modèles économiques d'éléments hors du sol qui doivent eux aussi être expérimentés. Mais avant tout, si cette technologie doit s'appliquer au niveau du village, il est essentiel d'obtenir les commentaires des populations cibles, soit les

Le piston de la pompe Waterloo (à gauche) et le clapet de pied (à droite) sont moulés à partir de PVC solide. Les pièces sont interchangeables, sauf les segments de piston et le joint de caoutchouc du clapet de pied.

villageois eux-mêmes. Il faut procéder à des études sociologiques et économiques à tous les endroits où la pompe doit être installée et faire appel à une approche scientifique afin de mettre au point des méthodologies communes pour la réalisation de ces études. Il faut de plus mettre en œuvre des programmes de formation à l'intention des habitants des régions rurales, programmes qui seraient appuyés par la mise au point et l'essai de matériel didactique adapté aux ouvriers des villages. Enfin, il faut mettre en place ou renforcer les infrastructures et élaborer des techniques de gestion qui soient non seulement axées sur l'institutionnalisation du concept de fonctionnement et d'entretien au niveau du village (VLOM), mais qui soient aussi en mesure d'offrir un suivi grâce à des services de contrôle permanents et à des programmes éducatifs à l'intention des utilisateurs.

Les techniques de production en série devraient diminuer considérablement le coût de la pompe à main en PVC, mais cela reste toutefois à vérifier. M. Goh Sing Yau, de l'Université de Malaya, a l'intention de s'occuper de cette question ainsi que de certains autres points que nous venons de mentionner. Ce dernier a l'intention de combler l'écart qui existe entre la recherche et la commercialisation. À cette fin, il veut expérimenter à fond divers procédés de fabrication sur une petite échelle. Le projet viserait également :

- à comprendre parfaitement les procédés de fabrication et connaître les coûts réels de production de chaque élément ;
- à acquérir l'expérience nécessaire afin de consulter les unités de fabrication sur les méthodes de production ;
- à faire des évaluations du coût des différentes modalités de fabrication ; par exemple, évaluer le coût de la sous-traitance par rapport à celui de la fabrication au point de montage ;
- à établir des lignes directrices et des normes en matière de contrôle de la qualité ;
- à mettre à l'essai sur le terrain (avec l'aide du personnel du ministère de la Santé) les modèles produits en série et à en évaluer le rendement technique ;
- à rédiger des manuels pertinents afin de transmettre ces technologies à d'autres groupes intéressés ; et
- à appuyer des projets complémentaires en fournissant les prototypes, la formation et la recherche sur la façon de résoudre tout problème susceptible de se présenter.

On s'attend à ce que ce projet entraîne la création d'un centre de recherches et de formation qui pourrait être le point central d'un réseau de projets ayant pour objectif d'étudier des concepts comme les programmes d'entretien au niveau du village, les plans de financement communautaires, les stratégies d'acceptation par la collectivité (commercialisation sociale) et les diverses options concernant la fabrication et le montage des pompes.

Les discussions qui se sont déroulées au cours du colloque ont révélé que cette pompe en PVC pourrait bien être la solution pour plusieurs milliers de collectivités rurales pendant encore nombre d'années. Il s'agit toutefois d'un choix technique parmi tant d'autres, qui ont tous leur place sur la longue liste des solutions qui s'offrent. Dans certains pays et dans certaines localités, la pompe en PVC peut constituer une technologie provisoire, en attendant qu'une meilleure solution se présente. Ailleurs, compte tenu des conditions sociales, économiques et environnementales, elle pourrait bien ne pas être acceptable du tout. D'autres collectivités ont, pour leur part, besoin d'une technologie plus perfectionnée.

Pour les millions d'habitants des régions rurales du monde qui n'ont pas le choix, cette technologie marque un premier pas vers l'objectif qui consiste à fournir de l'eau pure à tous d'ici l'an 1990. L'avenir du modèle Waterloo dépend maintenant de l'intérêt que mettront les chercheurs à étudier les problèmes posés par sa réalisation. En cette époque de rareté des ressources, il devient de plus en plus évident que l'avenir de la technologie des pompes à main dépend des villageois eux-mêmes. Une question demeure : comment peut-on transmettre cette technologie et le désir de l'entretenir le mieux possible à ceux qui en ont le plus besoin?

Besoins de recherche

Les priorités de recherche suivantes ont été déterminées au cours du colloque. Du point de vue du comportement ou du « logiciel », on doit réaliser des recherches sur :

- l'élaboration de méthodes destinées à susciter l'acceptation de la collectivité ;
- la mise au point et la mise en œuvre de divers programmes d'entretien ;
- la mise au point et la mise à l'essai de programmes de financement et d'aide communautaires ;
- l'élaboration de programmes d'éducation conçus pour être utilisés au niveau du village ;
- l'étude des modèles de comportement reliés à la consommation de l'eau et l'élaboration de programmes d'éducation à l'hygiène conçus pour modifier ces modèles de comportement au besoin ; et
- l'élaboration de programmes de formation sur la gestion de l'eau et la création de moyens d'information destinés à contrôler ces ressources (eau).

Du point de vue de la technologie ou du « matériel », on doit faire porter les recherches sur :

- l'élaboration de techniques de forage de puits appropriées et peu coûteuses ;
- la mise au point de matériel d'exploration simple et peu coûteux ;
- l'adaptation et la mise à l'essai de la pompe Waterloo sur des puits dont la profondeur est supérieure à 165 pieds (50 m) ;
- la mise au point et l'institutionnalisation d'une méthode de classification des sources d'eau qui tienne compte non seulement des critères de qualité de l'eau, mais aussi de la protection sanitaire, de la construction et de l'état des réparations ;
- l'étude de la possibilité d'utiliser de nouveaux matériaux et d'autres genres de plastiques comme l'acrylonitrile/butadine/styrène (ABS) ;
- des études du rendement des diverses structures hors du sol ; et
- des études sur la contamination de l'eau entre le puits et la maison et sur la manière de modifier le comportement (avec le concours de moyens technologiques) afin de diminuer les risques de contamination.

Participants

ZAINUDDIN ARSHAD, Ministry of Health, 3rd Floor, Block E. Jalan Dungun, Kuala Lumpur (Malaisie).

ANTONIO BRAVO, Institute for Small-Scale Industries, University of the Philippines, Enrique T. Virata Hall, Emilio Jacinto Street, UP Campus, Diliman, Quezon City (Philippines).

CHAN BOON TEIK, directeur, Water Supply Division, Department of Public Works, Ministry of Public Works and Utilities, Jalan Dato Onn, Kuala Lumpur (Malaisie).

CHEE KIM MENG, directeur d'usine, Johnson and Johnson Sdn Bdh, Jalan Tandang, Petaling Jaya, Selangor (Malaisie).

CHETPAN KARNKAEW, chef, Rural Water Supply Division, Department of Health, Ministry of Public Health, Devavesm Palace, Samsen Road, Bangkok 2 (Thaïlande).

CHO JOY LEONG, Federal Land Development Authority (FELDA), Jalan Gurney, Kuala Lumpur (Malaisie).

CHONG KAH LIN, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, Pantai Valley, Kuala Lumpur 22-11 (Malaisie).

PATHIRANA DHARMADASA, Lanka Jathika Sarvodaya Shramadana Sangamaya (Inc.), 77 de Soysa Road, Moratuwa (Sri Lanka).

ERNESTO D. GARILAO, directeur exécutif, Philippines Business for Social Progress, 4th Floor, Yutiro Building, 270 Dasmarinas Binondo, Manila (Philippines).

GOH SING YAU, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, Pantai Valley, Kuala Lumpur 22-11 (Malaisie).

MICHAEL GRAHAM, agent de liaison régional, Division des communications, Centre de recherches pour le développement international, Tanglin P.O. Box 101 (Singapour) 9124.

ZAINAL HAJI HASHIM, RISDA, Risda Building, Jalan Ampang, Kuala Lumpur (Malaisie).

RUS ISMAIL, State RISDA Office, Jalan Pengkalan Rama, Malacca (Malaisie).

TIM JOURNEY, The World Bank, 222 New Eskaton Road, Dacca (Bangladesh).

LEE KAM WING, agent de programme, Division des sciences de la santé, Centre de recherches pour le développement international, Tanglin P.O. Box 101 (Singapour) 9124.

LEE KWOK MENG, Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority (FELCRA), P.O. Box 2254, Kuala Lumpur (Malaisie).

LUM WENG KEE, ingénieur principal de la santé publique, Ministry of Health, 3rd Floor, Block E, Jalan Dungun, Kuala Lumpur (Malaisie).

PETER LUTTIK, agent de programme, UNDP, P.O. Box 2544, Kuala Lumpur 11-04 (Malaisie).

UZIR A. MALIK, Department of Agriculture and Resource Economics, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor (Malaisie).

ZULAZMI MAMDY, Proyek Pedesaan, Universitas Indonesia, Salemba Raya 4, Jakarta (Indonésie).

CHARLES NAKAU, Appropriate Technology Development Institute, P.O. Box 793, Lae (Papouasie-Nouvelle-Guinée).

PICHAI NIMITYONGSKUL, Division of Structural Engineering and Construction, Asian Institute of Technology, P.O. Box 2754, Bangkok (Thaïlande).

PRASERT SAISITHI, directeur, Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, P.O. Box 4-170, Bangkok 4 (Thaïlande).

KAMAROL ZAMAN ABDOL RAHMAN, Department of Agriculture and Resource Economics, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor (Malaisie).

SAW KIM HOCK, RISDA, Risda Building, Jalan Ampang, Kuala Lumpur (Malaisie).

DONALD SHARP, agent de programme, Division des sciences de la santé, Centre de recherches pour le développement international, B.P. 8500, Ottawa, Ontario (Canada) K1G 3H9.

C.J.A. STAMBO, ingénieur en chef, Ground Water, National Water Supply and Drainage Board, Galle Road, Ratmalana, Colombo (Sri Lanka).

WILLY SUWITO, ingénieur, Directorate of Sanitary Engineering, 4th Floor, Main Building, Jalan Pattimura 20, Kebayoran Baru, Jakarta (Indonésie).

TAN Bock Thiam, Faculty of Economics and Administration, University of Malaya, Pantai Valley, Kuala Lumpur 22-11 (Malaisie).

TEE Tiam Ting, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, Pantai Valley, Kuala Lumpur 22-11 (Malaisie).

TEO Beng Hoe, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, Pantai Valley, Kuala Lumpur 22-11 (Malaisie).

Cecilia C. VERZOSA, PIACT/PATH, MCC P.O. Box 189, Makati 3117, Metro Manila (Philippines).

Donald WAUGH, Bureau du contrôleur général et trésorier, Centre de recherches pour le développement international, B.P. 8500, Ottawa, Ontario (Canada) K1G 3H9.

WIMUT Kasemsup, chef, Water Resource Unit, Community Based Appropriate Technology and Development Services (CBATDS), Population and Community Development Association, 8 Sukhumvit 12, Bangkok 11 (Thaïlande).

K.M. YAO, conseiller en gestion de la qualité de l'eau, PEPAS/WHO, P.O. Box 2550, Kuala Lumpur (Malaisie).

Cesar E. YNIGUEZ, gestionnaire, Engineering Department, Rural Waterworks Development Corporation, Vibal Building, 865-E de los Santos Avenue, Diliman, Quezon City (Philippines).

Ahmad ZAINI bin Mat Yusop, Ministry of National and Rural Development, Bangunan Bank Raayat, 1st Floor, Jalan Tangsi, Kuala Lumpur (Malaisie).